

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР  
"ЦЕНТРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ  
СТОМАТОЛОГИИ И ЧЕЛЮСТНО-ЛИЦЕВОЙ ХИРУРГИИ"  
МИНИСТЕРСТВА ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
(ФГБУ НМИЦ "ЦНИИСИЧЛХ" МИНЗДРАВА РОССИИ)**

*На правах рукописи*

**БЫЗОВ НИКИТА АНДРЕЕВИЧ**

**Совершенствование методов оценки потребности и нуждаемости в  
лечении пациентов с болезнями височно-нижнечелюстного сустава**

3.1.7 – Стоматология

Диссертация на соискание учёной степени

кандидата медицинских наук

Научный руководитель:

доктор медицинских наук

Гуненкова Ирина Валентиновна

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА 1. Обзор литературы. Субъективные и объективные характеристики состояния пациентов с дисфункцией височно-нижнечелюстного сустава.....	12
1.1 Распространённость ДВНЧС .....	12
1.2 Развитие представлений об этиологии дисфункции височно-нижнечелюстного сустава.....	16
1.3 Классификация ДВНЧС .....	22
1.4 Методы лечения пациентов с ДВНЧС .....	24
1.5 Субъективная оценка пациентом тяжести ДВНЧС .....	26
1.6 Применение машинного обучения в стоматологии .....	30
ГЛАВА 2. Материал и методы исследования .....	36
2.1 Материал исследования.....	36
2.2 Методы исследования.....	38
2.3 Протокол реабилитации пациентов с ДВНЧС .....	50
2.4 Статистические методы.....	52
2.5 Дизайн исследования .....	56
ГЛАВА 3. Результаты собственного исследования.....	59
3.1 Результаты медико-социального анкетирования.....	59
3.2 Результаты клинических методов исследования.....	66
3.3 Результаты статистической обработки данных .....	68
3.4 Клинические примеры.....	74
ГЛАВА 4. Обсуждение полученных результатов.....	85
ВЫВОДЫ.....	94

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ.....	96
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ.....	98
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	99
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	122
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	126

## ВВЕДЕНИЕ

### Актуальность темы

Болезни височно-нижнечелюстного сустава включают в себя несколько состояний, характеризующихся различными поражениями структур височно-нижнечелюстного сустава и/или мышц жевательной группы, что обеспечивает полиморфизм клинических проявлений данных заболеваний. Несмотря на наличие большого количества исследований, на данный момент отсутствует единая концепция, достоверно описывающая патофизиологический механизм развития болезней височно-нижнечелюстного сустава. Симптоматика патологий височно-нижнечелюстного сустава также отличается разнообразием, при этом одно и то же нарушение функции может сопровождаться различными жалобами пациентов.

Авторы медицинской литературы делят симптомы заболеваний височно-нижнечелюстного сустава на две группы: объективные и субъективные. Первые включают в себя посторонние звуки в области сустава и нарушения движения челюсти, боли при пальпации жевательных мышц и височно-нижнечелюстного сустава. Вторые — неудобное положение челюсти, болевые ощущения в области височно-нижнечелюстного сустава и жевательных мышц в анамнезе. Причина обращения пациента за помощью, его потребность в лечении, базируется на субъективных оценках своего состояния, в то время как нуждаемость в лечении основана на объективной симптоматике. Разделение этих характеристик состояния пациента имеет ключевое значение для успеха предстоящей реабилитации [45].

Нуждаемость в лечении определяется лечащим врачом на основании результатов проведенной диагностики [116, 151]. Во время проведения обследования врач проводит сравнение клинической картины с

анатомическими и физиологическими нормами, а также оценивает возможные риски, связанные с предполагаемым планом реабилитации [116].

Потребность пациента в лечении, его ожидания от результатов комплексной реабилитации, является субъективным фактором и зачастую базируется на его личном представлении о своем состоянии [116]. По данным опубликованных ранее результатов исследований психоэмоциональное состояние, социально-экономический статус, уровень образования, а также культурно-этнические особенности оказывают влияние на формирование требований пациента к результату комплексной реабилитации [116]. Перечисленные выше параметры являются индивидуальными в каждом конкретном случае [116, 132]. Поскольку восприятие пациентами результатов комплексного лечения и удовлетворенность ими зависят от их первоначальных ожиданий и психологических особенностей, определение степени влияния этих факторов на решение обратиться за специализированной помощью является первостепенной задачей на этапе первичной консультации [29, 116].

Развитие цифровых технологий и их внедрение в медицину открывают новые возможности анализа данных. Алгоритмы машинного обучения стремительно внедряются в качестве систем поддержки принятия клинических решений. С их помощью обрабатываются результаты гистологических и рентгенологических исследований, анализы крови, рассчитываются эпидемиологические данные [135]. В ортодонтии машинное обучение применяется в сервисах цифрового планирования лечения, предоставляя возможность визуализировать финальное положение зубных рядов и состояние эстетики лица [82]. Подобные технологии также можно применить для анализа субъективного состояния пациента с возможностью прогноза его изменения после комплексного лечения.

В специализированной отечественной и зарубежной литературе нам не удалось найти четкие протоколы оценки согласованности объективной клинической картины с субъективным представлением пациента с

заболеванием височно-нижнечелюстного сустава о своем состоянии, что может приводить к недооценке состояния пациента перед комплексным лечением. Таким образом сравнительная оценка уровней субъективной потребности и объективной нуждаемости пациентов с болезнями височно-нижнечелюстного сустава и создание алгоритма прогнозирования их удовлетворённости результатом лечения является актуальной задачей.

### **Степень разработанности темы**

По данным опубликованных исследований патологии височно-нижнечелюстного сустава в силу своей полиэтиологической природы являются одними из самых сложных в лечении.

Оценка мнения пациентов о проводимом лечении дает представление о том, как пациенты воспринимают состояние своего здоровья и влияние определенных методов лечения на качество их жизни. Степень кооперации пациента и доктора во время лечения представляет собой очень сложный компонент, но, вместе с тем, подлежащий количественной оценке. Тем не менее, в отечественных и зарубежных источниках нам не удалось найти подходы, позволяющих провести скрининговую оценку согласованности объективных и субъективных параметров, характеризующих состояние пациента с дисфункцией височно-нижнечелюстного сустава.

Разработка метода скрининговой оценки согласованности объективной нуждаемости и субъективной потребности пациента в лечении дисфункции височно-нижнечелюстного сустава с возможностью прогнозирования уровня его удовлетворенности результатом лечения явилось предметом диссертационного исследования.

## **Цель исследования**

Повышение качества взаимодействия между врачом и пациентом путем совершенствования методов сравнительной оценки субъективной потребности и объективной нуждаемости в лечении пациентов с болезнями височно-нижнечелюстного сустава.

## **Задачи исследования**

1. Оценить динамику объективного клинического состояния пациентов с болезнями височно-нижнечелюстного сустава и их субъективного представления о своем состоянии до и после лечения.

2. Определить степень согласованности между объективной нуждаемостью и субъективной потребностью пациентов с болезнями височно-нижнечелюстного сустава в реабилитации до и после лечения.

3. Разработать метод прогнозирования степени удовлетворенности пациента с болезнью височно-нижнечелюстного сустава результатом лечения и оценить ее точность.

4. Разработать метод количественной оценки состояния пациента с болезнью височно-нижнечелюстного сустава, отражающий объективную клиническую картину и субъективное представление пациента о своем состоянии в процессе лечения.

## **Научная новизна**

В процессе исследования впервые:

– Определены наиболее согласованные объективные и субъективные числовые характеристики, отражающие состояние пациента с заболеванием височно-нижнечелюстного сустава в процессе лечения.

– Проведена оценка степени влияния конкретных объективных и субъективных характеристик состояния пациента с заболеванием височно-

нижнечелюстного сустава до начала лечения на прогнозируемый уровень его удовлетворенности результатом лечения.

– Проведена оценка возможностей применения технологии машинного обучения для анализа объективных и субъективных характеристик состояния пациента с заболеванием височно-нижнечелюстного сустава.

### **Теоретическая и практическая значимость**

Создана математическая модель прогнозирования уровня удовлетворенности пациента с заболеванием височно-нижнечелюстного сустава результатом предстоящего лечения, учитывающая как объективные, так и субъективные характеристики состояния пациента до начала реабилитации. На основании данной математической модели, включающей в себя анализ данных с применением технологии машинного обучения, разработан метод скрининговой оценки согласованности объективной нуждаемости и субъективной потребности пациента с заболеванием височно-нижнечелюстного сустава в предстоящем лечении, способный прогнозировать степень удовлетворенности пациента результатами реабилитации на основании данных объективного клинического обследования пациента до начала лечения.

### **Методология и методы исследования**

Диссертация выполнена в соответствии с принципами и правилами доказательной медицины с использованием общепринятых клинических, рентгенологических и статистических методов исследования. Исследование соответствует паспорту научной специальности 3.1.7 – Стоматология. Для оценки возможности прогнозирования удовлетворенности пациентов результатами реабилитации объектами исследования стали 55 пациентов в возрасте от 21 до 66 лет. Лечение и медико-социальное анкетирование проводилось в отделении клинической и госпитальной ортодонтии ФГБУ

НМИИЦ «ЦНИИС и ЧЛХ» Минздрава России и подразделения гнатологии ООО «Городской стоматологический центр» с 2021 по 2024 гг.

### **Научные положения, выносимые на защиту**

1. Уровень удовлетворенности пациента результатом лечения при болезни височно-нижнечелюстного сустава зависит не только от степени выраженности симптоматики и тяжести клинической картины, но и от его субъективного представления о состоянии своего здоровья.

2. Степень согласованности объективной нуждаемости и субъективной потребности пациента в лечении при заболеваниях височно-нижнечелюстного сустава является определяющим фактором прогнозирования его удовлетворенности конечным результатом.

3. Методика скринингового анализа диагностических данных, разработанная на основе технологии машинного обучения, дает возможность получения объективного прогноза комплаентности пациента с болезнью височно-нижнечелюстного сустава на этапах комплексного лечения, что в конечном счете повышает его итоговую эффективность.

### **Степень достоверности и апробация результатов**

Степень достоверности исследования определяется репрезентативным количеством объектов исследования (55 пациентов с болезнями височно-нижнечелюстного сустава), применением актуальных методов диагностики и лечения, статистической обработкой полученных данных, а также использованием современных цифровых технологий при разработке алгоритма машинного обучения и реализации сервиса поддержки принятия клинических решений. Добровольное согласие пациентов подтверждалось ими письменно.

Результаты исследования доложены и обсуждены на: XIII научно-практической конференции кафедры стоматологии детского возраста и

ортодонтии «Актуальные вопросы стоматологии детского возраста и ортодонтии» (Сеченовский Университет, Москва, 2021); XII межвузовской научно-практической конференции молодых ученых с международным участием «Научная весна 2022» (Медицинский университет Реавиз, Москва, 2022); XXII Съезде Профессионального общества ортодонтотв России (Москва, 2022). Апробация диссертации проведена на совместном заседании сотрудников ФГБУ НМИЦ «ЦНИИС и ЧЛХ» Минздрава России 7 марта 2024 года.

### **Внедрение результатов в практику**

Результаты исследования внедрены в учебный процесс и используется в научных докладах, лекциях при обучении клинических ординаторов и аспирантов отделения клинической и госпитальной ортодонтии ФГБУ НМИЦ «ЦНИИС и ЧЛХ» Минздрава России, ФГБУ ДПО «ЦГМА» Управления делами Президента Российской Федерации, а также внедрены в лечебную практику ортодонтического отделения и подразделения гнатологии ООО «Городской стоматологический центр».

### **Публикации**

По материалам диссертации напечатаны 9 научных работ, из которых 8 опубликованы в изданиях, входящих в перечень изданий, рекомендованных ВАК РФ, 1 публикация в журнале, индексируемом международной реферативной базой данных Scopus.

### **Личный вклад автора**

Автором самостоятельно проведены все этапы исследования: проведение поиска, систематизации и обзора отечественной и зарубежной специализированной литературы по теме диссертации; разработка дизайна исследования; сбор и систематизация данных медико-социального анкетирования, клинического и рентгенологического методов обследования;

анализ полученных результатов исследования; составление технического задания и контроль разработки алгоритма машинного обучения; разработка практических рекомендаций; формирование выводов научной работы.

## ГЛАВА 1.

# ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ. СУБЪЕКТИВНЫЕ И ОБЪЕКТИВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СОСТОЯНИЯ ПАЦИЕНТОВ С ДИСФУНКЦИЕЙ ВИСОЧНО-НИЖНЕЧЕЛЮСТНОГО СУСТАВА.

### 1.1 Распространённость ДВНЧС

Дисфункция височно-нижнечелюстного сустава (ДВНЧС) является одним из самых распространенных патологических состояний зубочелюстной системы (ЗЧС). Во всем мире распространенность ДВНЧС среди населения в целом составляет приблизительно 10–15%, согласно некоторым данным, она достигает 28% [73, 121]. Объективные признаки ДВНЧС наблюдаются у 1–75% населения, а субъективные 5–33% [45]. Заболеваемость возрастает в подростковом и молодом возрасте, достигая пика в возрасте от 20 до 40 лет [55, 72, 86, 153]. При этом боли чаще отмечаются у пациентов женского пола, в то время как щелчки и субъективные признаки ДВНЧС распространены одинаково среди обоих полов [45]. Примечательно, что среди диагностических критериев ДВНЧС, включая артрит, артралгию и артроз, боль в жевательных мышцах является наиболее распространенной [109].

Согласно крупным исследованиям, проведенным в США каждый год у 4% пациентов в возрасте от 18 до 44 лет, развивается клинически подтвержденный синдром болевой дисфункции ВНЧС, а ежегодная заболеваемость данной патологией растет с возрастом (18–25 лет = 2,5%; 25–34 года = 3,7%; 35–44 года = 4,5%). В общей сложности 19% взрослых в год сообщали о начальном эпизоде проявления симптомов, характерных для болевой дисфункции ВНЧС. Среди подростков в возрасте 12–19 лет сообщалось о 3%–ной ежегодной заболеваемости ДВНЧС, преимущественно у женщин [104].

Согласно систематическому обзору Valesan и др., распространённость ДВНЧС составляет около 31% среди взрослых пациентов и 11% среди детей и подростков. Проведенный мета-анализ результатов обследования пациентов показал, что наиболее распространенной патологией является смещение суставного диска с репозицией у 25,9% среди взрослых и у 7,4% среди детей и подростков [156].

Оценка распространенности ДВНЧС среди взрослого населения, выполненная с помощью специализированных опросников Iodice и др., показала, что наиболее частыми симптомами, характерными для ДВНЧС, являются щелчки (30,7%), боли (16,3%) и крепитация (10,3%) в области ВНЧС. Распространённость болей в области ВНЧС среди женщин выше, что согласуется с результатами ранее проведённых исследований [102].

Хроническая форма ДВНЧС наблюдается преимущественно у женщин, а острая форма ДВНЧС имеет равную распространённость между полами. Более высокая встречаемость ДВНЧС, выявленная у женщин в ряде исследований, объясняется большей продолжительностью симптомов ДВНЧС, так что в любой момент времени симптомы ДВНЧС наблюдаются у большего числа женщин, чем мужчин [158]. Такое распределение также связывают с влиянием гормонального фона, анатомическими различиями в ВНЧС и жевательных мышцах, психосоциальными факторами и различиями в передаче болевых сигналов [86].

Среди детей 7–15 лет согласно Masci и др. распространённость ДВНЧС составляет 21,83–26,17% [114]. В исследовании Perrotta и др. среди школьников 9–11 лет жалобы на боли в области ВНЧС предъявляли 14,7% обследуемых [129].

В систематическом обзоре Christidis и др. оценивается распространённость ДВНЧС среди субъектов возрастом 10–19 лет в 7,3–30,4% [88]. Необходимо отметить, что авторы подчеркивают недостаток или полное отсутствие каких-либо стандартизированных подходов к оценке ДВНЧС среди детей и подростков [88]. Еще один систематический обзор за авторством

Minervini и др., опубликованный в 2023 году, показал, что распространенность ДВНЧС среди детей и подростков возрастом 8-19 лет варьируется от 20% до 60%. Распространённость ДВНЧС у лиц женского пола была выше, чем у лиц мужского пола [120].

Согласно результатам исследования Чайки З.С. и Корневой А.Д., опубликованным в том же году, признаки ДВНЧС были выявлены у 21% субъектов возрастом 19-29 лет. Авторами отдельно отмечено, что люди с данной патологией чаще находятся в состоянии тревоги и депрессии [70].

У пациентов с концевыми дефектами зубных рядов возрастом от 30 до 55 лет симптомы болевой дисфункции ВНЧС выявляются в 79,2% случаев [8, 59]. На первичном ортопедическом приеме у пациентов часто обнаруживаются симптомы ДВНЧС. Исследования, проведенные в разные периоды (1997–2000, 2007–2010, 2017–2020), показывают, что характеристики этих симптомов остаются стабильными, но их количество увеличивается [63].

Среди пациентов в возрасте 60 лет и старше распространенность ДВНЧС составляет 16,8%. Наиболее характерными патологиями являются смещения суставных дисков (9,4%), а также дегенеративно-дистрофические болезни суставов (8,9%) [137].

Исследования, посвященные изучению уровня образования, показывают, что люди с более низким уровнем образования могут сталкиваться с повышенным риском развития ДВНЧС. Поведение в отношении здоровья, психосоциальные факторы, восприятие боли и приверженность лечению — все это потенциальные посредники во взаимосвязи между уровнем образования и ДВНЧС [86, 160].

В качестве потенциальных факторов риска развития ДВНЧС были определены конкретные профессии, которые потенциально имеют более высокую распространенность ДВНЧС или факторы повышенного риска. К ним относятся профессии, связанные с длительным или повторяющимся использованием жевательной системы, такие как игра на музыкальных инструментах, или профессии, требующие интенсивного использования речи

или голоса. Кроме того, профессии, характеризующиеся высоким уровнем стресса, такие как преподавание, компьютерная работа в офисе, здравоохранение, военная служба и службы неотложной помощи, также могут быть подвержены повышенному риску развития ДВНЧС [86].

В общей популяции каждый четвертый может отмечать некоторую настороженность на предмет состояния височно-нижнечелюстного сустава, и менее 10% населения считают, что их проблема достаточно серьезна, чтобы обратиться за лечением. Не стоит забывать, что в среднем от 40% до 60% населения имеют как минимум один из симптомов ДВНЧС [124]. У большинства пациентов, обращающихся к стоматологам, заболевания ВНЧС выявляются у 27,5–43,3% [4, 67]. Устоявшиеся представления о возрастных и половых особенностях распространенности патологии справедливы для пациентов, обращающихся за специализированной помощью, однако на фоне всех людей с симптоматикой ДВНЧС, они составляют меньшинство. Иными словами, подавляющее число людей с признаками ДВНЧС по тем или иным причинам не обращаются за специализированной помощью, что дополнительно осложняет формирование истинной картины распространенности данной патологии [124].

Обзор исследований, посвященных распространённости ДВНЧС показал, что в силу отсутствия достаточно гомогенных диагностических критериев, используемых во время исследований, точная распространённость этой патологии остается не вполне определенной [15]. Разница в результатах соответствующих исследований обусловлена различными методами выявления ДВНЧС.

## **1.2 Развитие представлений об этиологии дисфункции височно-нижнечелюстного сустава**

В настоящее время нет единого мнения о причинах развития ДВНЧС. На протяжении долгого времени было предложено множество разных концепций, но ни одна из них не стала общепризнанной. [52, 68].

Н. Prentiss одним из первых описал атрофию ВНЧС [131]. Однако считается, что внимание стоматологов к проблеме дисфункции височно-нижнечелюстного сустава впервые привлекла статья James Costen, опубликованная в 1934 году [52]. Costen был отоларингологом, который, основываясь на 11 случаях, впервые предположил, что изменения в состоянии зубов ответственны за различные симптомы, проявляющиеся в области слуховых проходов. Он также отметил, что состояние многих из этих пациентов улучшилось после коррекции некоторых стоматологических проблем, таких как аномалии положения зубов или некорректное положение протезов, глубокий прикус, потеря зубов и значительное снижение высоты окклюзии. [147].

С конца 1930-х и вплоть до 1940-х годов лишь несколько врачей-стоматологов заинтересовались лечением этих болевых проблем. Наиболее распространенными методами лечения в то время были приспособления для поднятия прикуса, которые впервые были предложены и описаны самим Costen [124].

Ортодонтия была одной из первых стоматологических дисциплин, принявших механистические этиологические модели ДВНЧС [103]. В 1941 году Thompson предположил, что адекватное положение головки нижней челюсти в суставной ямке височной кости является обязательным условием для свободного движения нижней челюсти. Он считал, что неправильный прикус препятствует корректному положению головок нижней челюсти и смыканию челюстей, вызывая боль и дискомфорт [147]. В 1949 году Moyers предположил, что неправильный прикус провоцирует формирование

аномальных мышечных рефлексов, которые могут быть исправлены ортодонтическим лечением [147, 162]. Позже Рикеттс описал морфологические изменения мышечного отростка нижней челюсти при цефалометрической ламинографии, когда нижняя челюсть не находилась в положении покоя, описанном Thompson [78]. В конце 1950-х годов были написаны первые учебники, описывающие жевательные дисфункции. Наиболее распространенными состояниями, описанными в то время, были боли в жевательных мышцах. Обычно считалось, что этиологией этих расстройств является окклюзионная дисгармония [124].

Эти концепции были применены и в ортопедической стоматологии. В классическом исследовательском отчете McCollum и Stuart была изложена гнатологическая концепция [146]. Stuart предположил, что в естественном прикусе совпадение положения центрального соотношения и положения максимально плотного смыкания зубов (в дальнейшем это положение будет называться центральной окклюзией) необходимо для того, чтобы избежать повышенной стираемости зубов и боли в области ВНЧС [147].

Механистические подходы главенствовали до 1956 года, когда была опубликована работа коллектива авторов из Колумбийского университета под руководством доктора Laszlo L. Schwartz «A temporomandibular joint pain-dysfunction syndrome». В этом исследовании авторы рассматривали этиологию ДВНЧС как биопсихосоциальную модель. Выделено несколько предрасполагающих эмоциональных факторов (психологические, темпераментные и конституциональные), способствующих факторов (аномалии окклюзии), провоцирующих факторов (мышечный дисбаланс) и усугубляющих факторов (повышенная тревожность и предыдущая травма) [147]. Таким образом, введение психосоциальных элементов в качестве возможных факторов этиологии ДВНЧС сыграло решающую роль в смещении фокуса внимания исследователей с окклюзии на более широкие концепции, такие как психофизиология, нервно-мышечная физиология и биомеханика ВНЧС [96].

В 1960-х годах достижения нейрофизиологии краниоцервикальной боли оказали большое влияние на подходы к ДВНЧС, подчеркнув нейрофизиологическую основу их этиологии [147]. Несколько исследований подтвердили роль психосоциальных факторов в этиологии ДВНЧС, изменив фокус научного сообщества с узких механических концепций на гораздо более широкое многофакторное видение [83].

Окклюзия, а позднее и эмоциональный стресс были приняты в качестве основных этиологических факторов функциональных нарушений жевательной системы на протяжении 1960-х и 1970-х годов. Затем, в конце 1970-х годов, произошел взрыв интереса к ДВНЧС. Также в это время появилась информация о болевых синдромах, источником коих могли быть интракапсулярные нарушения. Эта информация переориентировала профессиональное мышление и направление работ в области ДВНЧС. Практически, только в 1980-х годах представители профессии начали в полной мере осознавать всю многогранность и комплексность проблемы ДВНЧС. Из-за этой сложности в настоящее время стоматология стремится найти свою надлежащую роль в лечении ВНЧС и орофациальных болей [124].

В начале 2000-х годов исследователи обратили внимание на две этиологические модели, которые фактически дополняют и согласуются с современными моделями боли: биопсихосоциальную и мультифакторную. Биопсихосоциальная модель боли объединяет три разных слова: «био» означает биологическую проблему, «психо» - болевое поведение и поведенческие изменения, а «социум» - социальную структуру вокруг пациента. Мультифакторная модель включает в себя сочетание внутренних и внешних факторов, которые взаимодействуют и вносят свой вклад в этиологию ДВНЧС [147].

Сегодня принято выделять пять основных факторов, связанных с развитием ДВНЧС. Этими факторами являются аномалии окклюзии, травма, эмоциональный стресс, глубокий болевой сигнал и парафункциональная активность. Вклад каждого из этих факторов в развитие патологии может

значительно отличаться у разных пациентов, их влияние определяется индивидуальной приспособляемостью пациента [124].

Роль окклюзионного компонента в этиологии ДВНЧС все еще остается предметом ожесточенных споров между клиницистами. С одной стороны, начиная с 2000-х годов результаты научных исследований по данной тематике свидетельствуют либо о малой роли окклюзионного компонента в развитии ДВНЧС, либо о полном ее отсутствии [9, 45]. Нарушения прикуса могут играть вспомогательную роль, поддерживая или способствуя развитию заболевания [43].

С другой стороны, ряд специалистов указывает на то, что в подавляющем большинстве подобных исследований основной акцент ставился на оценку статической окклюзии, в то время как влияние динамической окклюзии на развитие ДВНЧС полностью не изучено. Предполагается, что если рассматривать динамические функциональные взаимоотношения между нижней челюстью и черепом, то окажется, что состояние окклюзии может влиять на некоторые ДВНЧС, по крайней мере, двумя способами.

Один из них связан с появлением резких изменений в окклюзии, например появлением окклюзионных интерференций. Такие изменения могут вызвать защитную реакцию котракции мышц приводя к возникновению мышечной боли, однако чаще всего формируются новые мышечные энграммы, и пациент адаптируется без особых последствий [124].

Другой связан с «ортопедической нестабильностью», иными словами, отсутствием «ортопедической стабильности». Под «ортопедической стабильностью» подразумевается воспроизводимое фиссурно-бугорковое смыкание зубов, которое гармонирует с мышечно-скелетным стабильным положением головок нижней челюсти в ямках ВНЧС. Считается, что функциональные силы ЗЧС могут быть приложены к зубам и суставам без повреждения тканей, но при отсутствии этого условия, то есть при

«ортопедической нестабильности», могут возникнуть шансы для перегрузки ВНЧС [124].

Например, при ортопедической нестабильности при смыкании может контактировать только одна пара зубов-антагонистов. Это представляет собой очень нестабильное окклюзионное положение, даже если каждая головка нижней челюсти остается в стабильном суставном положении. Теперь у нервно-мышечной системы есть выбор: либо сохранить стабильное положение сустава и смыкать только одну пару антагонистов, либо привести зубы в более стабильное окклюзионное положение, что может нарушить стабильность сустава. Поскольку окклюзионная стабильность играет ключевую роль для работы ЗЧС, приоритетом является достижение окклюзионной стабильности, и нижняя челюсть смещается в положение, которое максимизирует окклюзионные контакты (максимальный фиссурно-бугорковый контакт). В это время появляется вероятность смещения одной или двух нижней челюсти относительно мышечно-скелетного стабильного положения в суставных ямках ВНЧС [124].

Безусловно, травма лицевых структур может привести к функциональным нарушениям в ЗЧС. Чаще травма оказывает большее влияние на внутрикапсульные, чем на мышечные нарушения. Травмы можно разделить на два общих типа: макротравмы и микротравмы. К макротравмам относят силы приводящие к структурным изменениям ЗЧС. Микротравма относится к любой небольшой силе, которая неоднократно прикладывается к структурам в течение длительного периода времени. Такие действия, как бруксизм или стискивание зубов могут привести к микротравме тканей, на которые оказывается нагрузка (например, зубы, суставы или мышцы) [124].

Повышение уровня эмоционального стресса, испытываемого пациентом, является одним из факторов риска развития ДВНЧС [159]. Повышенная активность гамма-эфферентов настолько сенсibiliзирует нервно-мышечное веретено, что любое незначительное растяжение мышцы вызывает рефлекторное сокращение [124]. Мышцы также становятся более

чувствительными к внешним раздражителям, что часто приводит к дальнейшему повышению мышечного тонуса. При повышении мышечного тонуса возрастает риск мышечной усталости. Кроме того, повышение тонуса приводит к увеличению интракапсулярного давления ВНЧС [124]. Повышенная гамма-эфферентная активность может также увеличить количество нетипичной мышечной активности. Ретикулярная формация, под влиянием лимбической системы и гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой оси, может быть причиной дополнительной мышечной активности, не связанной с выполнением конкретной задачи. Часто эта активность принимает форму вредных привычек, таких как кусание ногтей, клинчинг или бруксизм [124].

Общепринятая, но часто упускаемая из виду концепция заключается в том, что источники глубокой боли могут вызывать изменения в работе мышц [89]. Глубокий болевой сигнал может возбуждать ствол головного мозга, вызывая мышечную реакцию, известную как защитная контракция. Это нормальный здоровый способ, которым организм реагирует на травму или угрозу травмы [124]. Поэтому вполне разумно, что пациент, страдающий от боли, например при пульпите, будет ограниченно открывать рот. Это реакция организма, направленная на защиту поврежденной части путем ограничения ее использования. Такая клиническая картина характерна для многих пациентов с зубной болью. Как только зубная боль проходит, возвращается нормальное открывание рта. Ограниченное открывание рта — это всего лишь вторичная реакция на переживание глубокой боли. Однако если врач не распознает этот феномен, он может прийти к выводу, что основной причиной ограниченного открывания рта является патология ВНЧС, и может предпринять неверные действия. Любой источник постоянной глубокой боли может представлять собой этиологический фактор, который может привести к ограничению открывания рта и, следовательно, клинически проявиться как ДВНЧС. Даже источники боли, отдаленные от лица, такие как боль в шейном отделе позвоночника, могут привести к этому состоянию. Например, травма

трапецевидной мышцы. Ноцицепция, возникающая в этой шейной области, передается на нейрон второго порядка и ретранслируется в высшие центры. По мере того, как этот входной сигнал становится продолжительным, соседний конвергирующий нейрон также возбуждается центрально, что передает дополнительную ноцицепцию в высшие центры. Теперь сенсорная кора воспринимает два места боли. Одна область — это область трапецевидной мышцы, которая представляет собой истинный источник ноцицепции (первичная боль). Вторая область воспринимаемой боли ощущается в области височно-нижнечелюстного сустава, который является лишь местом возникновения боли, но не ее источником. Эта боль является отсылающей [124].

Деятельность жевательных мышц можно разделить на два основных типа: функциональную, включающую жевание, речь и глотание, а также парафункциональную, включающую клинчинг или бруксизм, а также различные вредные привычки. Термин «мышечная гиперактивность» также используется для описания любой повышенной мышечной активности, превышающей ту, которая необходима для функционирования. Таким образом, мышечная гиперактивность включает в себя не только парафункциональную деятельность, связанную со стискиванием зубов, бруксизмом и другими оральными привычками, но и любое общее повышение уровня мышечного тонуса. Некоторая мышечная гиперактивность может даже не включать в себя контакт зубов или движение челюсти, а просто представлять собой увеличение степени статического тонического сокращения мышцы. Некоторые из видов парафункциональной активности могут быть связаны с симптомами ДВНЧС [9].

### **1.3 Классификация ДВНЧС**

Существуют различные подходы к классификации ДВНЧС.

На базовом уровне ДВНЧС можно разделить на суставные и внесуставные нарушения. Эти нарушения фактически являются синонимами интракапсульных и экстракапсульных патологий, соответственно. Большинство внесуставных нарушений проявляется в виде миофасциальной боли, сосредоточенной в жевательных мышцах. Фактически, более 50 % ДВНЧС — это миофасциальная боль. Другие внесуставные нарушения включают хронические заболевания, такие как фибромиалгия, мышечное напряжение и миопатии [111].

Суставные нарушения (интракапсулярные патологии) можно разделить на воспалительные и невоспалительные артропатии. Воспалительные суставные нарушения включают ревматологические процессы, такие как ревматоидный артрит, серонегативные спондилопатии, такие как анкилозирующий спондилит, псориатический артрит, подагра и инфекционные артриты. К невоспалительным заболеваниям суставных дисков относятся остеоартрит, повреждение сустава в результате травмы или операции, другие болезни хряща или кости [119]. Интракапсулярные патологии зачастую сопровождаются изменению взаимоотношений между диском и головкой нижней челюсти. Смещение диска может быть с репозицией и без репозиции [111].

Особой популярностью среди клиницистов и исследователей пользуется классификация, предложенная Clyde H. Wilkes в 1989 году [81]. Суть этого подхода заключается в ранжировании интракапсулярных патологий ВНЧС на 5 стадий, опираясь на клинические, рентгенологические и анатомические данные [16, 29, 81].

С целью стандартизации научных исследований, посвященных ДВНЧС была разработана более подробная диагностическая классификация. Эта классификация известна как «Исследовательские диагностические критерии ДВНЧС» [104]. Система классификации разделена на 2 диагностические оси: ось I, отражающая соматическое состояние пациента, и ось II, отражающая его психосоциальное состояние [45, 104]. Эти критерии постоянно

совершенствуются, постепенно становясь основой для новых стандартизированных протоколов проведения научных работ по тематике ДВНЧС.

#### **1.4 Методы лечения пациентов с ДВНЧС**

Как было описано ранее, ДВНЧС имеют сложную полиэтиологическую природу, вследствие чего реабилитация пациентов с данной патологией может потребовать различных подходов, исходя из причин развития заболевания [18].

Это обстоятельство определяет конечные задачи реабилитации, которыми могут быть: снижение или полное устранение болей в области височно-нижнечелюстного сустава; увеличение амплитуды функциональных движений нижней челюсти; профилактика дальнейшего разрушения структур височно-нижнечелюстного сустава; повышение общего качества жизни пациента путем устранения симптоматики, связанной с дисфункцией височно-нижнечелюстного сустава [6]. Идеализированное восстановление функции зубочелюстной системы на практике не всегда представляется возможным из-за комплексной природы патологий височно-нижнечелюстного сустава.

Методы реабилитации пациентов с ДВНЧС можно разделить на 3 большие категории: неинвазивные, минимально инвазивные и инвазивные подходы. К неинвазивным методам относят сплент-терапию, фармакотерапию, а также физиотерапию и функциональную терапию. К минимально инвазивным методам относят коррекцию окклюзионных контактов, интракапсулярные инъекции и артроцентез [7]. Инвазивными методами являются эндопротезирование ВНЧС и различные виды артропластики, включая, хирургическую репозицию суставного диска ВНЧС [25, 30, 44, 157].

Окклюзионные шины используются подавляющим большинством пациентов с ДВНЧС для восстановления статического и динамического

баланса ЗЧС. При этом важно отметить, что соотношение челюстей после завершения сплент-терапии может отличаться от исходного состояния [1, 65, 77].

Фармакологическая терапия может помочь в лечении некоторых симптомов, связанных с ВНЧС. Следует помнить, что фармакотерапия имеет своей целью уменьшение боли и воспаления в суставе и/или мышцах. Это лечение улучшает функцию и замедляет прогрессирование заболевания [80]. Медикаментозное лечение в сочетании с соответствующей физиотерапией и комплексным лечением может предложить более комплексный подход ко во многих ситуациях [33, 157].

Физиотерапия включает в себя множество методов лечения. Для работы с пациентами с ДВНЧС чаще всего используются методы биологической обратной связи, лазерной терапии и чрескожная электронейростимуляция (ЧЭНС) [92, 157]. Использование миогимнастики жевательных мышц и остеопатической коррекции в комплексном лечении дисфункции ВНЧС повышает эффективность стоматологической реабилитации и снижает вероятность рецидива заболевания [38, 48].

Коррекция окклюзионных контактов является частью, так называемой, необратимой окклюзионной терапии. Этот термин включает в себя любое лечение, которое необратимо изменяет состояние окклюзии и/или положение нижней челюсти. Наиболее распространенными примерами данного подхода могут быть ортодонтическое лечение, позитивная или негативная коронопластика [31, 41, 124, 136].

Артроцентез представляет собою дренирование сустава лечебным препаратом при помощи одной или двух игл. Манипуляцию проводят с целью уменьшения воспалительного процесса, удаления воспалительного экссудата, разрушения спаек и мобилизации диска, устранения боли и увеличения подвижности сустава. Эта методика чаще всего применяется в случае отсутствия положительной динамики во время проведения консервативного лечения. Она сочетается с немедленными послеоперационными

внутриуставными инъекциями, использованием окклюзионных шин, фармакотерапии и физиотерапии в период восстановления [35, 111, 157].

### **1.5 Субъективная оценка пациентом тяжести ДВНЧС**

Оценка мнения пациентов и их удовлетворенности проведенным лечением имеет большое значение. Она дает представление о том, как пациенты воспринимают состояние своего здоровья, влияние определенных методов лечения или изменений образа жизни на качество их жизни [105, 117]. Люди с признаками дисфункции ВНЧС в 63% случаев оказываются эмоционально неустойчивыми личностями. У них также повышен риск развития болевого синдрома ДВНЧС [4]. Пациенты с синдромом болевой дисфункции ВНЧС часто испытывают эмоциональное напряжение, тревогу и негативный настрой. Женщины больше фокусируются на эмоциях при восприятии боли, а мужчины - на физических ощущениях. Для достижения долгосрочных результатов лечения важно учитывать психологический портрет пациента и гендерную ментальность [58].

Пациентам с ДВНЧС может быть трудно принять природу хронической боли, это создает проблемы в их повседневной жизни. Простые физические нагрузки могут стать обременительными, а социальное взаимодействие с семьей и друзьями может стать затруднительным. Хроническая боль также связана с депрессией, которая у таких пациентов может оставаться незамеченной и, следовательно, оставаться без лечения [108]. Вероятно, что связь двунаправленная, и считается, что хроническая боль способствует ухудшению психического здоровья, аналогично с тревогой и страхом боли. Поэтому клиницистам важно учитывать влияние хронической боли на пациентов и учитывать поддающиеся модификации факторы риска, такие как образ жизни и поведение, чтобы уменьшить влияние, которое она оказывает на качество жизни [118].

Согласно результатам систематических обзоров можно выделить 6 основных направлений влияния ДВНЧС на жизнь пациентов с психологической и социальной сторон: у пациентов возникают чувства неопределённости и неуверенности в себе; оказывается разрушительное воздействие на жизнь; вызывается повышенная тревожность; причина появления симптомов ДВНЧС не лежит на поверхности; к болевой симптоматике крайне сложно адаптироваться; пациенты по-разному воспринимают реальные цели и возможности реабилитации [90, 93, 98, 101, 123, 152].

Пациенты рассказывали о влиянии на их социальную жизнь, профессиональную деятельность, межличностные отношения и их способность выполнять повседневные задачи. Сообщалось о снижении готовности участвовать в общественной деятельности. Некоторые пациенты предпочитали оставаться в одиночестве, когда им было больно, поскольку они не могли справиться с пребыванием в окружении людей. Некоторые также ограничивали свое социальное взаимодействие из-за боязни стиснуть челюсти на публике или смущения от шумов, связанных с ВНЧС [90]. Пациенты также сообщали о чувстве дискомфорта в собственном теле и «ревности к нормальным людям» [101].

Помимо этого, выявлены финансовые последствия. Стоимость повторных консультаций и альтернативных методов лечения привела к потере заработка и, в крайних случаях, к банкротству. Это, в сочетании с последствиями для перспектив карьерного роста, может вызвать чрезвычайные трудности у некоторых пациентов и их семей [98].

Взгляды пациентов взгляды на роль стресса и психологического здоровья как возможного способствующего фактора расходятся. Некоторые приняли эту модель на раннем этапе лечения и указывали на нее в опросах, в то время как другие полностью отказались от нее. Даже если лечение было эффективным, у пациентов возникали опасения по поводу возможности будущих обострений. Не зная когда, произойдет следующий эпизод,

некоторые описывали это как «меч, занесенный над головой». Даже будучи уверенным в прогрессе лечения, кто-то даже представлял это как наказание, которое может наступить в любой момент [152].

Оценка и управление ожиданиями пациентов от лечения важны по двум основным причинам. Во-первых, ожидания пациентов относительно лечения тесно связаны с удовлетворенностью результатами реабилитации. Обзор эмпирических и теоретических исследований удовлетворенности пациентов в сфере здравоохранения подчеркивает, что ожидания пациентов играют центральную роль в процессе формирования удовлетворенности результатом реабилитации. Baker утверждает, что *«удовлетворенность большинством встреч, медицинских или иных, часто зависит от того, оправдались ли наши ожидания. Цель управления ожиданиями состоит в том, чтобы иметь как можно меньше расхождений между ожиданиями пациентов и их реальным опытом»*. Parasuraman A. et al описали «зону терпимости», которая представляет собой диапазон между адекватным и желаемым уровнем ожидаемых услуг. Модель проводит различие между ожиданиями от результата и процесса и предполагает, что ожидания от услуг могут быть приемлемыми, если они лежат между уровнями адекватных ожиданий и идеальных ожиданий. Следовательно, невыполнение ожиданий пациента не обязательно может привести к неудовлетворенности, при условии, что их ожидания в отношении процесса и результата лечения лежат в пределах этой «зоны терпимости», которая, по-видимому, отражает средний диапазон ожиданий пациентов. Проблемы могут возникнуть, когда ожидания пациентов выходят за рамки «зоны терпимости», что потенциально может привести к неудовлетворенности процессом лечения и/или результатами лечения, и это впоследствии может привести к жалобам и конфликтным ситуациям [142].

Во-вторых, пациенты с нереалистично высокими ожиданиями от результата лечения могут нуждаться в дополнительной поддержке или жить с психологическими нарушениями, такими как дисморфофобическое

расстройство [140]. У докторов вызывают тревогу ситуации, когда ожидания пациентов от процесса или результата лечения оказываются слишком «высокими», иными словами, они выходят за рамки разумного. Результаты систематических обзоров свидетельствуют о необходимости более глубокого понимания степени влияния ожиданий от лечения на удовлетворенность конечным результатом. Корректная оценка субъективных представлений пациента о своем состоянии дает возможность доктору подобрать максимально эффективную стратегию взаимодействия, что в перспективе повысит степень удовлетворенности пациента итогом лечения [149]. Тем не менее, на сегодняшний день мало внимания уделяется практическим способам, с помощью которых клиницисты могут определить, являются ли ожидания пациента завышенными [142].

Haunes и Dantes определили комплаентность пациента во время любого лечения как «степень, в которой поведение человека соответствует медицинским рекомендациям» [133]. Sarul и соавторы пришли к выводу о том, что степень кооперации пациента и доктора во время лечения представляет собой очень сложный компонент, но подлежащий количественной оценке. Согласно этому исследованию, взаимодействие с пациентами должно учитывать такие факторы как: межличностные отношения между пациентом и врачом, ожидания пациента относительно успеха лечения и его отношение к плану лечения [141]. Способность пациента справляться с тревогой, дискомфортом и его приверженность рекомендациям врачей определяют качество результата лечения [130]. Снижение степени сотрудничества и потеря мотивации приводят либо к преждевременному прекращению лечения, либо к неблагоприятному исходу.

В 2023 году Rodrigues др. провели крупное ретроспективное исследование, направленное на оценку удовлетворенности пациентов различными методами лечения ДВНЧС. Пациенты в целом были удовлетворены лечением, большинство из опрошенных (80,8%) заявили, что они повторили бы лечение. Пациенты, которым были проведены артродентез

ВНЧС и артроскопия, имели более высокую общую удовлетворенность, чем те, кому проводились открытые операции. Авторы обращают внимание на то, что ожидания пациента следует учитывать с самого начала, а наличие у пациента депрессии, сопутствующей ДВНЧС, должно навести врачей и пациента на мысль о возможной необходимости дополнительного лечения [139].

Bousché и др. анализировали предикторы, влияющие на удовлетворенность пациента уровнем как результата реабилитации ДВНЧС, так и уровнем обслуживания в медицинской организации во время прохождения реабилитации. Исследование показало, что более тяжелые стадии депрессии были связаны со снижением удовлетворенности пациентов результатами лечения, но вместе с тем увеличением удовлетворённости от ухода во время лечения. Пациенты были чаще удовлетворены результатом своего лечения, когда они были удовлетворены полученным уходом. Кроме того, средняя интенсивность боли оказалась отрицательным предиктором удовлетворенности пациентов полученным лечением [85].

## **1.6 Применение машинного обучения в стоматологии**

Цифровые системы искусственного интеллекта (ИИ), несомненно, изменили направление развития стоматологии, несмотря на всю сложность разработки и внедрения этих систем в клинической практике [17, 42, 56, 97]. Методы искусственного интеллекта: машинное обучение, глубокое обучение, когнитивные вычисления, компьютерное зрение и обработка естественного языка являются перспективными и применяются в медицине [76]. Одной из областей ИИ является машинное обучение (ML-алгоритмы), которое изучает внутренние статистические закономерности в данных, чтобы в итоге делать прогнозы на их основе [144]. Во многих областях стоматологии, таких как ортодонтия и челюстно-лицевая хирургия, а также пародонтология или ортопедическая стоматология, только правильный диагноз обеспечивает

правильный план лечения, что является единственным способом восстановить здоровье пациента. План диагностики и лечения основан на знаниях специалиста, но подвержен большому, многофакторному риску ошибки. Поэтому внедрение многопараметрических методов распознавания образов и анализа закономерностей (статистика, машинное обучение, нейронные сети и искусственный интеллект) открывает широкие перспективы как для врачей, так и для пациентов [113].

В настоящий момент данные технологии активно используются для анализа результатов рентгенологических исследований в виде «компьютерного зрения» [37, 64, 144]. Применение искусственных нейронных сетей позволяет дополнительно акцентировать внимание стоматолога на проблемных зонах, они способны сегментировать рентгенологическое изображение в зависимости от задач, поставленных оператором, определять и классифицировать реставрации на рентгенограммах зубов. [5, 34, 75, 94, 126].

Искусственный интеллект приобретает все большее значение в эндодонтии. Теоретически обработка трехмерных конусно-лучевых компьютерных томограмм (КЛКТ) с помощью алгоритмов глубокого машинного обучения позволяет обнаруживать периапикальные поражения зубов на уровне опытного практикующего стоматолога [125, 145]. Он может быть полезен при выявлении периапикальных поражений и переломов корней, оценке анатомии системы корневых каналов, прогнозировании жизнеспособности стволовых клеток пульпы зуба, определении рабочей длины каналов зубов и прогнозирования успешности процедур повторного эндодонтического лечения [34, 53, 79, 126].

Для нужд ортопедической стоматологии разрабатываются системы поддержки принятия клинических решений для выбора ортопедических конструкций [32].

Искусственный интеллект широко распространяется в ортодонтии. Искусственные нейронные сети рассчитывают цефалометрические показатели с точностью опытного ортодонта, а в некоторых случаях они могут быть даже

более точными, чем начинающие врачи [21, 39, 49–51, 66, 122]. Кроме того, аналогичная технология может помочь в определении периодов роста и развития пациента на основании анализа рентгенограмм головы кистей рук [106, 126]. Результаты исследования Pellerin Li и соавторов свидетельствуют о том, что искусственные нейронные сети способны определять показания к проведению удаления зубов с учетом типа анкеража при планировании ортодонтического лечения, играя роль системы поддержки принятия клинических решений [34, 110]. С целью своевременного выявления остеоартрита ВНЧС до начала развития морфологической дегенерации структур сустава на основании данных КЛКТ-исследования, анализов сыворотки крови и слюны разрабатываются подходы с применением искусственных нейронных сетей с глубоким обучением, кроме того аналогичный подход используется для описания формы и размеров суставного диска ВНЧС на статических изображениях при ультразвуковой диагностике [36, 84].

Результаты исследования Patcas и соавт. свидетельствует о том, что искусственный интеллект может охарактеризовать влияние ортогнатической хирургии на привлекательность лица [128]. Технологии глубокого машинного обучения облегчают клиницистам проведение дифференциальной диагностики амелобластомы и одонтогенной кератокисты на двухмерных рентгенологических изображениях [112]. Искусственные нейронные сети с высокой точностью могут определить потерю периодонтальной кости в процентах от длины корня зуба, оценить тяжесть периимплантита и даже идентифицировать бренды дентальных имплантатов, а также стадию их остеоинтеграции [87, 107, 150]. Российскими исследователями разрабатываются системы оценки риска осложнений при имплантационном лечении частичной и полной потери зубов, а также модели прогнозирования объёмов оказания высокоспециализированной медицинской помощи для пациентов с аномалиями развития лица с учётом эпидемиологической ситуации конкретном регионе [22, 71].

Область применения данных технологий не ограничивается перечисленными выше примерами. Использование искусственных нейронных сетей позволяет эффективно прогнозировать развитие заболеваний пародонта. Это достигается за счёт оценки состояния твёрдых тканей зубов, уровня гигиены ротовой полости, а также анализа психофизиологических особенностей пациентов [155].

В то время как машинное обучение фокусируется на том, чтобы помогать делать прогнозы на основе аналитического изучения существующих данных, интеллектуальный анализ фокусируется на поиске причинно-следственных связей, присущих им. Например, подобный подход к анализу записей в историях болезни стоматологических пациентов позволил выявить тенденцию, при которой врачи-стоматологи уделяют больше внимания пациентам при первом посещении, чем при повторном осмотре [127].

В Российской Федерации примером использования машинного обучения в стоматологии является сервис Diagnocat. Данный алгоритм интеллектуального анализа КЛКТ уже широко применяется в практике врачей-стоматологов различных специальностей. В течение 5 минут искусственный интеллект представляет скрининговый рентгенологический отчет на основании загруженных пользователем снимков [62, 161]. Кроме того, набирает популярность российский сервис для распознавания патологий на КЛКТ изображении с помощью двух свёрточных нейронных сетей [54, 60].

Вышеупомянутые примеры показывают способы применения машинного обучения в стоматологии для диагностики и прогнозирования лечения, помогая врачам принимать решения. Таким образом, ИИ поддерживает клиническую оценку, но не заменяет полностью работу стоматолога.

Тем не менее, существуют факторы, замедляющие внедрение технологий искусственного интеллекта в стоматологии [69, 144]:

- доступ к медицинским записям затруднен из-за обязательств по защите персональных данных [95];
- не всегда непрозрачный отбор и систематизация наборов данных для исследования, что может исказить результаты [91, 95, 143];
- выводы, сделанные системами искусственного интеллекта, лишь помогают врачам принимать клинические решения, что порождает дискуссии на предмет ответственности за их последствия [115].

Таким образом, ДВНЧС являются сложными распространенными патологиями среди множества групп населения. При этом механизмы возникновения данных заболеваний до конца не изучены, что затрудняет их классификацию, а также и разработку единого протокола лечения и клинических рекомендаций.

Симптоматика, характерная для ДВНЧС оказывает огромное негативное влияние на качество жизни пациента. Проблемы, возникающие у страдающих данной патологией, не ограничиваются лишь болью, ограничением открывания рта или посторонними звуками в области ВНЧС. У многих пациентов происходит социальная дизадаптация, развитие депрессии, вплоть до суицидальных наклонностей.

Существует несколько подходов к реабилитации пациентов ДВНЧС начиная от неинвазивной физиотерапии, заканчивая эндопротезированием мышечного отростка нижней челюсти. При этом успех выбранного метода реабилитации может зависеть не только от корректности диагностики и реализации плана лечения, но и от субъективного восприятия пациентом своего состояния, действий специалистов и даже комфортом от полученного ухода. Кроме того, тип реализуемого метода лечения оказывает влияние на степень удовлетворенности пациента результатом реабилитации. Эти аспекты позволяют говорить об актуальности учета в клинической практике субъективного представления пациента о своем состоянии.

На данный момент существует множество исследований, посвященных теме субъективного восприятия пациента с ДВНЧС своего состояния и

проводимого лечения, а также факторам, играющим роль предикторов исхода лечения. Однако как в зарубежных, так и в отечественных источниках отсутствуют описания методов, позволяющих сделать точный прогноз уровня удовлетворенности пациента результатом реабилитации.

Сегодня, благодаря развитию цифровых технологий, мы видим повсеместное внедрение в медицине и, в частности, стоматологии технологий машинного обучения. Математические модели и компьютерные алгоритмы на основании анализа ретроспективных данных могут давать точные прогнозы, помогая клиницистам в принятии клинических решений, особенно на этапе диагностики.

Опираясь на проанализированную отечественную и зарубежную литературу, можно с уверенностью заключить, что разработка компьютерного алгоритма, способного прогнозировать степень удовлетворенности пациента результатом реабилитации при ДВНЧС является актуальной и, вместе с тем, малоизученной темой.

## **ГЛАВА 2.**

### **МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

#### **2.1 Материал исследования**

Клиническое исследование было выполнено на базе отделения клинической и госпитальной ортодонтии ФГБУ НМИЦ «ЦНИИСиЧЛХ» МЗ РФ и подразделения гнатологии ООО «Городской Стоматологический Центр».

Для реализации поставленных цели и задач в исследование были включены пациенты, обращавшиеся за медицинской помощью и проходившие лечение ДВНЧС в период с 2021–2024 гг.

Критерии включения в исследование:

1. Возраст пациента старше 16 лет.
2. Пол: мужской, женский.
3. Установленный диагноз согласно классификации МКБ-10: K07.6 Болезни височно-нижнечелюстного сустава.
4. Информированное добровольное согласие пациента на участие в исследовании.

Критерии невключения в исследование:

1. Отказ пациента от участия в исследовании.
2. Возраст пациента младше 16 лет.
3. Беременность пациентки.

Критерии исключения из исследования:

1. Отказ пациента от продолжения участия в исследовании.
2. Отказ пациента от продолжения ортодонтического лечения в силу обстоятельств, не связанных с качеством лечения и/или степенью удовлетворённости пациента проводимым лечением.

3. Отказ пациента от предоставления данных, характеризующих объективную нуждаемость и субъективную потребность перед началом проведения лечения ДВНЧС и после его завершения.
4. Беременность пациентки, наступившая во время проведения реабилитации.

В ходе проведения исследования было исключено 8 пациентов 6 женщин и 2 мужчин. Большая часть из них была исключена из исследования вследствие отказа от продолжения лечения по причинам, не связанных с качеством лечения и/или степенью удовлетворённости пациента проводимым лечением и лишь одна пациентка по причине беременности.

В исследовании приняли участие 55 человек возрастом от 21 до 66 лет, 49 женщин и 6 мужчин. Средний возраст пациентов составил 36,2 года (Таблица 1).

На основании стадии развития болезни по классификации Clyde H. Wilkes пациенты были разделены на 2 группы:

– Группа I. Пациенты со стадиями по Clyde H. Wilkes 1–2. Согласно данной классификации при лечении пациентов с патологиями ВНЧС на таких стадиях развития рекомендуются малоинвазивные консервативные методы лечения. В группу вошли 26 пациентов возрастом от 21 до 50 лет, средний возраст пациентов составил 34,04 года. Из них консервативное лечение прошли 25 человек. В одном клиническом случае консервативное лечение болезни ВНЧС не было эффективным, в результате чего была проведена хирургическая коррекция положения суставного диска ВНЧС.

– Группа II. Пациенты со стадиями по Clyde H. Wilkes 3–5. Согласно данной классификации при лечении пациентов с патологиями ВНЧС на таких стадиях развития рекомендуются хирургические методы лечения. В группу вошли 29 пациентов возрастом от 25 до 66 лет, средний возраст пациентов составил 38,14 лет. Из них консервативное лечение прошли 28 человек, хирургическая коррекция положения суставного диска ВНЧС была проведена у 1 пациентки.

Всего консервативное лечение ДВНЧС прошли 53 пациента, хирургическая коррекция положения дисков ВНЧС была проведена у 2 пациентов.

Таблица 1 – Характеристика выборки и исследуемых групп

	Кол-во	Средний возраст	Мужчины	Женщины	Консервативное лечение	Хирургическое лечение
Общая выборка	55	36,20 ± 9,65	6	49	53	2
Группа I	26	34,04 ± 8,01	2	24	25	1
Группа II	29	38,14 ± 10,68	4	25	28	1

## 2.2 Методы исследования

### Медико-социальное анкетирование

Качественную оценку субъективного восприятия пациентом своего состояния на момент обращения за медицинской помощью проводили с помощью специализированных опросных форм (Приложение А, Таблица А1).

Количественная оценка субъективной потребности в лечении проводилась с помощью модифицированной анкеты по Славичеку, а также функциональной числовой рейтинговой шкалы (Приложение А, Таблица А2).

Анкета состоит из 16 вопросов, пациент сразу оценивает каждый из них по шкале от 0 до 3, где «0» - отсутствие жалоб, а баллы от 1 до 3 характеризуют субъективные степени тяжести той или иной жалобы аналогично оценке в оригинальной версии индекса. Полученные после опроса баллы суммируются. Анкета модифицированного окклюзионного индекса Славичека представлена в Таблице 2.

Использование модифицированной версии окклюзионного индекса Славичека, позволило унифицировать полученные данные, что несомненно

облегчит и обеспечит точность проведения дальнейшего математического анализа и расчетов.

Таблица 2 – Анкета модифицированного окклюзионного индекса Славичека

<b>ВНЧС субъективно</b>	<b>Баллы (0-3)</b>
Есть ли у Вас проблемы при пережевывании пищи?	
Отмечаете ли Вы проблемы с дикцией?	
Пытаетесь ли Вы найти наиболее комфортное положение нижней челюсти?	
Есть ли у Вас выраженная чувствительность в области каких-либо зубов?	
Ощущаете ли Вы усталость мышц в области нижней челюсти?	
Испытываете ли затруднения при открывании рта?	
Чувствуете ли вы блокировку нижней челюсти при открывании рта?	
Испытываете ли боль в области сустава или мышц нижней челюсти?	
Испытываете ли боль при движении нижней челюсти?	
Бывают ли у Вас спонтанные вывихи нижней челюсти?	
Есть ли у Вас проблемы с осанкой?	
Отмечаете ли Вы посторонние звуки при движениях нижней челюсти?	
Часто ли Вас мучают головные боли, боли в области шеи или спины?	
Скрипите ли Вы зубами или стискиваете их по ночам или днем?	
Бывает ли что Вы храпите по ночам?	
Часто ли Вы просыпаетесь по ночам?	

Числовая рейтинговая шкала (NRS), представляет собой горизонтальную линию длиной 10 см с расположенными на ней цифрами от 0 до 10, где «0» - отсутствие потребности в лечении, а «10» - жизненно-важная потребность в реабилитации [100] (Приложение А, Рисунок А1). В исследовании использовались 2 шкалы NRS:

- NRS-эстетика, отражающая потребность в улучшении общей эстетики лица (Рисунок 1).
- NRS-функция, отражающая потребность в улучшении функции ЗЧС (Рисунок 2).

Эстетическая шкала IOTN является компонентом ICON. В данном исследовании расчет IOTN проводится отдельно от ICON с целью числового выражения привлекательности зубных рядов со стороны стоматолога. Врач совместно с пациентом определяет общую привлекательность по 10 фотографиям зубных рядов, ранжированных и пронумерованных от 1 до 10 по степени привлекательности, где «1» - наиболее привлекательный вид, а «10» — наименее. Используемая эстетическая шкала IOTN представлена на Рисунке 3.

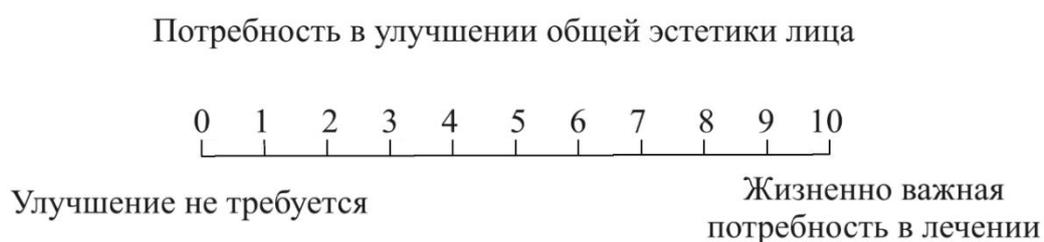


Рисунок 1 – Числовая рейтинговая шкала (NRS), характеризующая потребность в улучшении общей эстетики лица.



Рисунок 2 – Числовая рейтинговая шкала (NRS), характеризующая потребность в улучшении функции ЗЧС.



Рисунок 3 – Эстетическая шкала IOTN

### Клинические методы исследования

Перед началом реабилитации пациенты проходили обследование по единому алгоритму, включающему в себя: сбор диагностических данных, их каталогизацию и обработку, составление предварительного плана лечения с последующим согласованием итогового плана лечения с пациентом.

При внешнем осмотре проводилась оценка симметрии лица, а также ее изменения при открывании и закрывании рта в соответствии с индексом Хелкимо.

Во время первичного клинического осмотра проводилась фотофиксация движений нижней челюсти: амплитуды открывания рта, амплитуды боковых движений нижней челюсти, величины протрузии нижней челюсти (Рисунок 4).

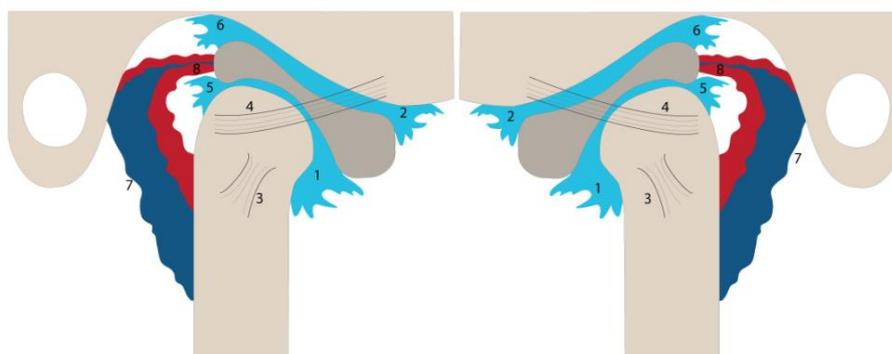


Рисунок 4 – Фотофиксация амплитуды функциональных движений нижней челюсти

Кроме того, оценивалось наличие боли в области ВНЧС или мышц жевательной группы во время движений нижней челюсти. С целью их числовой интерпретации использовались критерии модифицированного индекса Хелкимо.

Пальпация височно-нижнечелюстного сустава проводилась по методике Rosabado, называемой «Картой боли Рокабадо» [138] (Рисунок 5).

Рисунок 5 – Схематическое изображение «Карты боли Рокабадо».



Пальпировались следующие области:

1. Передняя нижняя синовиальная зона.
2. Передняя верхняя синовиальная зона.
3. Латеральная коллатеральная связка.
4. Височно-нижнечелюстная связка.
5. Задняя нижняя синовиальная связка.
6. Задняя верхняя синовиальная связка.
7. Биламинарная зона.
8. Ретродисковое пространство.

Пальпация мышц ЗЧС также проводилась по методике, предложенной Dawson [23] (Рисунок 6).

1. Передний пучок височной мышцы;
2. Средний пучок височной мышцы;
3. Затылочное брюшко лобно-затылочной мышцы;
4. Медиальная крыловидная мышца;
5. Собственно жевательная мышца;
6. Грудино-ключично-сосцевидная мышца;

7. Двубрюшная мышца;
8. Трапецевидная мышца.

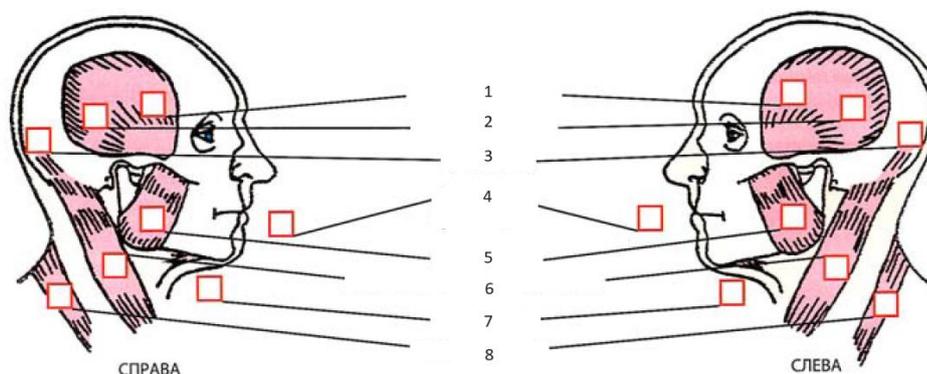


Рисунок 6 – Схема пальпации мышц ЗЧС по Dawson.

Результаты пальпации ВНЧС и мышц ЗЧС интерпретировались в числовое выражение с помощью модифицированного индекса Хелкимо. Суставные шумы фиксировались с помощью аускультации, после чего приводились в численное выражение в соответствии с модифицированным индексом Хелкимо.

### **Модифицированный индекс Хелкимо**

Диагностические данные, собранные ранее в рамках первичного клинического обследования пациента, необходимо было представить в числовом выражении, таким образом, чтобы иметь возможность анализа массива данных с помощью классических статистических методов, а также с применением технологии машинного обучения. Использование индекса Хелкимо в модификации Арушанян А.Р и др. значительно облегчило статистическую обработку данных [2].

В индекс вошли 10 критериев, степень проявления которых характеризуется соответствующими цифровыми значениями «0», «1» и «5» (Приложение А, Таблица А2). После проведения обследования эти значения каждого из десяти критериев индекса суммируются [2] (Таблица 3).

Таблица 3 – Анкета модифицированного индекса Хелкимо (модификация Арушанян А.Р., Попков Е.С., Коннов С.В., 2015)

Параметр	0	1	5
Симметрия лица	лицо симметрично	асимметрия лица при сомкнутых зубных рядах, проходящая при открывании рта	асимметрия лица при сомкнутых зубных рядах, которая не проходит при открывании рта
Амплитуда вертикальных движений нижней челюсти	не ограничена (открывание рта 38-56 мм)	немного ограничена (открывание рта 25-37 мм)	сильно ограничена (открывание рта менее 25 мм)
Амплитуда боковых движений нижней челюсти	не ограничена (боковые движения 10-15 мм)	немного ограничена (боковые движения 5-9 мм)	сильно ограничена (боковые движения менее 5 мм)
Протрузия нижней челюсти	не ограничена (5-7 мм)	немного ограничена (3-4 мм)	сильно ограничена (менее 3 мм)
Симметричность движений нижней челюсти при открывании рта	движение нижней челюсти по средней линии (боковое смещение в конце открывания рта не более 2 мм)	Девиация- движение нижней челюсти со смещением в сторону в начале и возвратом к средней линии в середине	Дефлекция-движение нижней челюсти со смещением в сторону в конце открывания рта более 2 мм
Боль в височно-нижнечелюстном суставе при движениях нижней челюсти:	отсутствует	боль при одном движении нижней челюсти	боль при двух и более движениях нижней челюсти
Боль в жевательных мышцах при движениях нижней челюсти:	отсутствует	боль при одном движении нижней челюсти	боль при двух и более движениях нижней челюсти
Пальпация височно-нижнечелюстного сустава	пальпация безболезненна	пальпация вызывает неприятные ощущения	пальпация болезненна
Пальпация жевательных мышц:	пальпация безболезненна	от одной до трех мышц болезненны при пальпации	четыре и более мышц болезненны при пальпации
Определение суставного шума при движениях нижней челюсти:	суставной шум не определяется	суставной шум определяется при аускультации	суставной шум определяется на слух
<b>ИТОГО (сумма)</b>			

## **Антропометрический метод исследования. Окклюзионный компонент ICON**

С целью качественной оценки состояния и соотношения зубных рядов проводилась функциональная диагностика в артикуляторе.

На клиническом приеме проводилась регистрация параметров лицевой дуги (системы SAM 3, Amann Girrbach), определение центрального соотношения челюстей методом форсированного прикуса, получение оттисков зубных рядов с последующим изготовлением диагностических моделей и гипсованием в артикулятор (системы SAM 3, Amann Girrbach) (Рисунок 7).



Рисунок 7 – Гипсовые модели, установленные в артикулятор с восковыми окклюзионными шаблонами центрального соотношения челюстей.

Для облегчения хранения и каталогизации было проведено лабораторное сканирование диагностических моделей, загипсованных в артикуляторе (лабораторный сканер Medit T310). После проведения сканирования диагностические модели сохранялись в формате «.stl». Для работы с виртуальными диагностическими моделями использовалось

специализированное программное обеспечение (ПО): ExoCad, Maestro 3D, Medit Link (Рисунок 8).



Рисунок 8 – Визуализация виртуальных диагностических моделей после лабораторного сканирования в ПО Medit Link

Для числового объективного выражения состояния зубных рядов с анатомической точки зрения применялся окклюзионный компонент ICON, он рассчитывался врачом на основании исследования гипсовых и/или виртуальных моделей зубных рядов [19, 20, 57].

Анатомический компонент включает в себя 6 критериев, оценка которых проводится врачом-ортодонтом на основании анализа диагностических моделей челюстей (Таблица 4).

Каждому параметру присваиваются соответствующие баллы в зависимости от характера его проявления, после чего эти баллы умножаются на определенные коэффициенты. После окончания обследования значения всех компонентов суммируются.

При этом для перечисленных критериев необходимо выбрать одну из предложенных характеристик, каждой из них присвоен определенный балл.

Таблица 4 – Таблица для расчета индекса ICON

Компоненты. Индекса.		Баллы						Коэффициент
		0	1	2	3	4	5	
1	Оценка эстетики.	Баллы от 1 до 10 (по эстетической шкале IOTN )						7
2	Скученность зубов верхней челюсти	<2мм	2,1-5мм	5,1-9мм	9,1-13мм	13,1 - 17мм	>17мм	5
	Промежутки между зубами верхней челюсти	<2мм	2,1-5мм	5,1-9мм	>9мм		Ретинированные зубы	5
3	Перекрестный прикус	Нет	Есть					5
4	Вертикальная резцовая дизокклюзия	Прямой резцовой контакт	<1мм	1,1-2мм	2,1-4мм	>4мм		4
	Глубокое резцовое перекрытие	Перекрытие менее 1/3	Перекрытие от 1/3 до 2/3	От 2/3 до полного перекрытия				4
5	Фиссурно-бугорковое взаимоотношение боковой группы зубов	Множественные фиссурно-бугорковые контакты боковой группы зубов	Нарушение фиссурно-бугорковых контактов в боковой группы зубов, исключая прямой бугорковое контакт	Прямой бугорковый контакт				3

## Лучевые методы исследования. Магнитно-резонансная томография височно-нижнечелюстного сустава

Объективная фиксация и описание патологии ВНЧС проводились на основании магнитно-резонансной томографии (МРТ) ВНЧС. Томограф Toshiba Vantage Atlas, напряженность магнитного поля 1,5 Тл. Толщина срезов 2-3,5 мм. Плоскости и импульсные последовательности: Sag TSE T2; Sag TSE Pd; Cor SE T1; Cor T2 FS; Ax GE T1; Ax T2. На МРТ-исследовании оценивали положение и форму головок нижней челюсти и дисков ВНЧС, наличие избыточного объема жидкости в суставной капсуле, состояние латеральных крыловидных мышц и биламинарной зоны при открытом и закрытом рте (Рисунок 9).

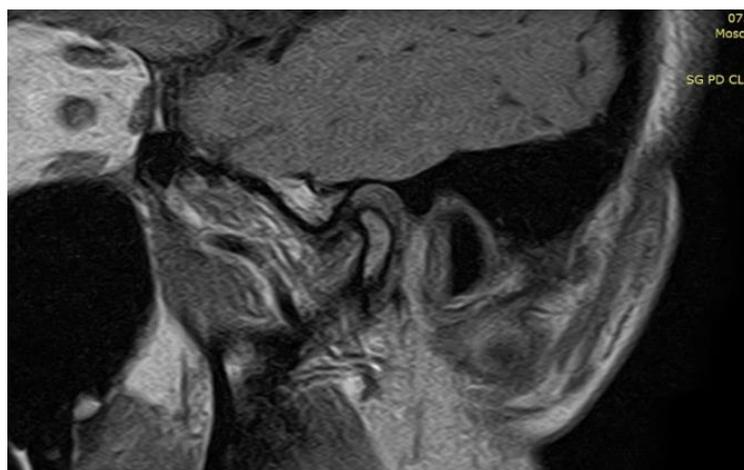


Рисунок 9 – Пример визуализации магнитно-резонансной томографии височно-нижнечелюстного сустава в сагиттальной проекции

На основании результатов МРТ-исследования, заключения врача-рентгенолога и объективной клинической картины патологии присваивалась соответствующая степень классификации Wilkes [29, 134] (Таблица 5).

Таблица 5 – Критерии определения стадий интракапсулярных патологий ВНЧС согласно классификации Wilkes, 1989 [29, 134]

Стадии	Клиническая симптоматика	МРТ-исследование	Возможные варианты лечения
I. Начальная	Отсутствует, возможны безболезненные щелчки	Незначительное смещение диска вперед. Нормальные контуры головки нижней челюсти	Наблюдение + остеопатическая коррекция
II. Начальная/ промежуточная	Периодические безболезненные щелчки. Периодическая блокировка движений челюсти. Головные боли	Незначительное вправляемое смещение диска вперед. Ранняя деформация диска Нормальные контуры головки нижней челюсти	Репонирование + артроскопия + остеопатическая коррекция
III. Промежуточная	Частая боль. Головные боли. Уменьшенный объем движений. Боли при жевании.	Переднее не вправляемое смещение диска, незначительное истончение диска, нормальные контуры головки нижней челюсти	Хирургическая коррекция Благоприятный прогноз
IV. Промежуточная/ поздняя	Хронические боли, головные боли, ограничение движений	Переднее не вправляемое смещение диска, истончение диска, нарушение контуров головки нижней челюсти	Хирургическая коррекция Условный прогноз
V. Поздняя	Различные боли, крепитация в суставе	Переднее не вправляемое смещение диска, его деформация и перфорация, дегенеративные изменения контуров головки нижней челюсти	Хирургическая коррекция Не-благоприятный прогноз

## 2.3 Протокол реабилитации пациентов с ДВНЧС

Все пациенты в исследуемой выборке проходили лечение по единому алгоритму [29]. После сбора диагностических данных и согласования плана лечения первым этапом реабилитации пациентов с ДВНЧС являлись изготовление и припасовывание съемной лечебно-диагностической окклюзионной шины «сплинт» на верхний или нижний зубной ряд.

При наличии соответствующих показаний перед изготовлением аппарата проводилась санация рта с целью устранения очагов острой инфекции перед началом проведения сплинт-терапии. В случаях резко выраженной болевой симптоматики в области ВНЧС и/или резкого ограничения амплитуды открывания рта и при отсутствии выявленных острых очагов инфекции изготовление и припасовывание окклюзионной шины предшествовали проведению санации рта.

Окклюзионная шина изготавливалась в зуботехнической лаборатории на основании диагностических моделей челюстей, загипсованных в артикулятор в положении центрального соотношения. По типу конструкции шина является миорелаксационной, переднее и боковые ведения резцов и клыков на шине выведены не были, ее окклюзионная поверхность выполнена плоской с точеными контактами функциональных бугров жевательных зубов-антагонистов (Рисунок 10).

Стандартный план лечения:

1. Консультация врача мануального терапевта на предмет коррекции работы жевательной группы мышц, мышц шеи и атланта-окципитального соединения.
2. Исключение психосоматической патологии по показаниям.



Рисунок 10 – Пример окклюзионных контактов на окклюзионной шине, изготовленной на нижний зубной ряд.

3. Консультация стоматолога-терапевта на предмет санации рта.
4. Изготовление лечебно-диагностической шины «сплинт» на нижний зубной ряд.
5. Проведение сплинт-терапии.
6. Проведение ЧЭНС по показаниям.
7. В случае отсутствия положительной динамики во время проведения сплинт-терапии хирургическая коррекция положения суставных дисков височно-нижнечелюстного сустава.
8. С целью детализации плана дальнейшего лечения повторный сбор диагностических данных, включающий в себя: проведение фотопротокола, получение оттисков верхнего и нижнего зубных рядов, исследование диагностических моделей челюстей, регистрация параметров лицевой дуги, функциональная диагностика в артикуляторе, заполнение специализированных опросников.

Все пациенты в исследуемой выборке проходили лечение по единому алгоритму, рамках которого первым этапом проводилась сплинт-терапия, а решение о целесообразности проведения хирургического вмешательства принималось исходя из характера динамики при проводимом консервативном лечении (Рисунок 11).

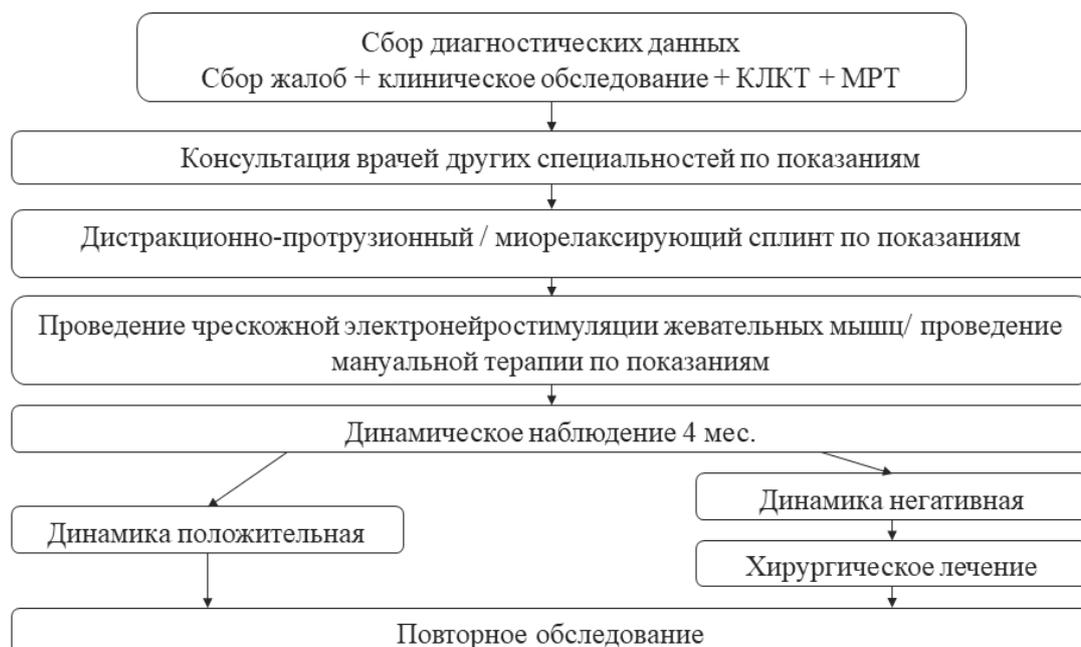


Рисунок 11 – Алгоритм лечения пациентов с заболеванием височно-нижнечелюстного сустава

## 2.4 Статистические методы

### Классические статистические методы

Статистическая обработка данных выполнена с помощью Microsoft Office Excel, пакетов языков программирования R и Python.

Критерий Колмогорова-Смирнова использовался для проверки на нормальность распределения совокупностей количественных данных [46, 47]. В случаях, когда распределение сравниваемых совокупностей не соответствовало нормальному, параметры дополнительно описывались посредством выражения медианы и интерквартильного размаха (ИКР). Для сравнения значений параметров внутри групп до и после проведённой реабилитации и определения статистической значимости их разниц использовался критерий Вилкоксона.

U-критерий Манна-Уитни использовался для оценки различий между двумя независимыми совокупностями по уровню количественного признака.

Коэффициент корреляции Спирмена применялся с целью статистического изучения связи между явлениями, распределение количественных параметров, которых отличалось от нормального [46, 47]. Для качественной оценки тесноты связи использовалась шкала Чеддока (Таблица 6).

Таблица 6 – Шкала Чеддока

Теснота связи	Значение коэффициента корреляции	
	Прямая связь	Обратная связь
Слабая	0,1 – 0,3	(-0,1) – (-0,3)
Умеренная	0,3 – 0,7	(-0,3) – (-0,7)
Сильная	0,7 – 1	(-0,7) – (-1)

### **Инструменты анализа данных с применением технологии машинного обучения**

Модель машинного обучения, лежащая в основе разработанного ранее алгоритма прогнозирования удовлетворенности пациента результатом комплексной реабилитации врожденных и приобретенных деформаций челюстно-лицевой области, была модифицирована для оптимизации анализа данных пациентов с дисфункцией височно-нижнечелюстного сустава [11].

В первоначальной версии алгоритма для скрининговой оценки объективной нуждаемости пациента в лечении использовались отечественная модификация индекса Хелкимо, эстетическая шкала IOTN, а также окклюзионный компонент индекса ICON. Субъективная потребность пациента в лечении определялась с помощью модифицированной анкеты окклюзионного индекса Славичека, а также с помощью числовой рейтинговой шкалы (англ. *numeric rating scale*, сокр. NRS) [11].

Таким образом объективная нуждаемость определялась по клиническим скрининговым критериям, отражающим функциональное, эстетическое и анатомическое состояние зубочелюстной системы. Субъективная потребность

определялась по критериям, отражающим функциональное и эстетическое состояние зубочелюстной системы с точки зрения пациента [11].

Пол пациента и тип лечения – бинарные характеристики, соответственно женщинам присвоено значение «0», мужчинам «1»; консервативному ортодонтическому лечению присвоено значение «0», лечению с костно-реконструктивным вмешательством «1» [11].

Такого рода анализ имеет проспективную ценность в контексте оценки степени удовлетворенности пациента результатом проведенного лечения. Алгоритм представляет собой математический аппарат автоматического выявления неочевидных корреляционных взаимосвязей [11].

Поскольку пациенты проходили только лечение дисфункции височно-нижнечелюстного сустава из оригинального набора была исключена характеристика «Тип лечения», отражающая факт проведения ортогнатической операции. После проведения сплент-терапии возможно проявление скелетных аномалий окклюзий, ранее скомпенсированных мышечным компонентом зубочелюстной системы, в том числе асимметрий нижней челюсти, что негативно сказывается на динамике по эстетической числовой рейтинговой шкале. Этот аспект не согласуется с оригинальной математической моделью, обученной на выборке, в которую были включены пациенты, проходившие ортогнатическую операцию с целью коррекции аномалий окклюзии скелетного характера. Эстетическая числовая рейтинговая шкала была заменена на функциональную рейтинговую шкалу NRS.

Таким образом, в рамках данного исследования в итоговый набор характеристик алгоритма прогнозирования удовлетворенности пациента результатом реабилитации вошли: пол пациента (бинарный параметр, где «0» - женщина, «1» - мужчина), индекс Хелкимо, окклюзионный компонент индекса ICON, эстетическая шкала IOTN, модифицированный окклюзионный индекс Славичека, функциональная числовая рейтинговая шкала (NRS).

Разработка и модификация ML-алгоритма проводилась на языке программирования Python 3. Использовались инструменты разработки GitHub и Docker. Библиотеки: numpy, pandas, seaborn, shap, xgboost, lightgbm, sklearn.

Данные пациентов, принявших участие в исследовании, были классифицированы на основании изменения характеристик состояния пациента. Пациенту присваивалась условный класс «bad» (низкая удовлетворенность результатом лечения) в случаях, когда:

1. Сумма разниц числовых значений анкетирования по функциональной и эстетической шкалам NRS до и после лечения была  $\leq 0$ ;
2. Разница числовых значений модифицированного индекса Хелкимо до и после лечения была  $\leq 0$ ;
3. Разница числовых значений модифицированного окклюзионного индекса Славичека до и после лечения была  $\leq 0$ .

В остальных случаях пациенту присваивался класс «good» (высокая удовлетворенность результатом лечения).

Точность работы алгоритма машинного обучения характеризовалась индексом Accuracy. Однако поскольку выборка пациентов была несбалансированной, качество работы алгоритма дополнительно оценивалась в каждом из классов по отдельности с помощью метрик Precision, Recall, f1-score и выражалась их средним арифметическим взвешенным. Precision – это доля пациентов, названными классификатором "good" или "bad" при этом действительно являющимися таковыми. Recall – это доля правильно предсказанных пациентов определенного класса от всех пациентов этого класса. F1-score – гармоническое среднее между Precision и Recall, используемое при неравномерном распределении классов. Качество классификации свойств данных определялось с помощью характеристики ROC AUC (Receiver Operating Characteristic curve Area Under Curve).

В качестве финальной модели рассматривается логистическая регрессия, так как она менее склонна к переобучению на маленьких выборках.

Библиотеки `xgboost`, `lightgbm` использовались для построения тестовых моделей, но в силу маленькой выборки модель переобучалась под тестовую выборку, поэтому было решено их не рассматривать.

Для удобства и автоматизации ввода данных и их обработки с применением машинного обучения создана цифровая web-форма, размещенная в сети Интернет (Рисунок 12; Приложение А, Рисунок А2)

**Главная Анкета**

Заполните анкету

ID анкеты

Пол пациента  Мужской  Женский

Дата рождения

**ЮТН**

01 02 03 04 05 06 07 08 09 10

**Slavicek**

Есть ли у Вас проблемы при пережевывании пищи?  0  1  2  3

Отмечаете ли Вы проблемы с движением?  0  1  2  3

Пытались ли Вы найти наиболее комфортное положение нижней челюсти?  0  1  2  3

Есть ли у Вас выраженная чувствительность в области каких-либо зубов?  0  1  2  3

Ощущаете ли Вы усталость мышц в области нижней челюсти? (по утрам, редко)  0  1  2  3

Испытываете ли затруднения при открывании рта?  0  1  2  3

Чувствуете ли вы блокировку нижней челюсти при открывании рта?  0  1  2  3

Испытываете ли боль в области сустава или мышц нижней челюсти?  0  1  2  3

Испытываете ли боль при движении нижней челюсти?  0  1  2  3

Бывало ли у Вас спонтанные вывихи нижней челюсти?  0  1  2  3

Есть ли у Вас проблемы с осанкой?  0  1  2  3

Отмечаете ли Вы посторонние звуки при движениях нижней челюсти?  0  1  2  3

Часто Вас мучают головные боли, боли в области шеи или спины?  0  1  2  3

Скрипите ли Вы зубами или стискиваете их по ночам или днем? (не уверена)  0  1  2  3

Бывает ли что Вы храпите по ночам?  0  1  2  3

Часто ли Вы просыпаетесь по ночам?  0  1  2  3

**Helkimo**

Симметрия лица -- select an option --

Амплитуда вертикальных движений нижней челюсти -- select an option --

Амплитуда боковых движений нижней челюсти -- select an option --

Протрузия нижней челюсти -- select an option --

Симметричность движений нижней челюсти при открывании рта -- select an option --

Боль в височно-нижнечелюстном суставе при движениях нижней челюсти: -- select an option --

Боль в жевательных мышцах при движениях нижней челюсти: -- select an option --

Пальпация височно-нижнечелюстного сустава -- select an option --

Пальпация жевательных мышц -- select an option --

Определение суставного шума при движениях нижней челюсти: -- select an option --

**Icon**

Скуочность зубов верхней челюсти -- select an option --

Промежутки между зубами верхней челюсти -- select an option --

Перекрестный прикус -- select an option --

Вертикальная резцовая диэкокклюзия -- select an option --

Глубокое резцовое перекрытие -- select an option --

Фиссурно-буторковое взаимоотношение боковой группы зубов -- select an option --

Рисунок 12 – Скриншоты, иллюстрирующие интерфейс web-формы, созданной для ввода данных пациентов

## 2.5 Дизайн исследования

Исследование было разделено на следующие этапы:

1. Сбор, анонимизация, систематизация данных клинического обследования и медико-социального анкетирования пациентов с ДВНЧС до и после проведения лечения.
2. Проведение анализа данных с применением классических статистических методов.
3. Проведение анализа данных с применением алгоритмов машинного обучения.

4. Математическое выражение понятия уровня удовлетворенности пациента лечением ДВНЧС.
5. Проверка гипотезы о способности разработанного алгоритма машинного обучения прогнозировать уровень удовлетворённости результатом приведённого лечения пациентов с ДВНЧС.
6. Анализ полученных результатов.

Перечисленные выше этапы представлены в виде схемы (Рисунок 13).



Рисунок 13 – Дизайн исследования

### ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Полученные значения используемых в исследовании характеристик для общей выборки пациентов представлены в Приложении Б в Таблице Б1.

#### 3.1 Результаты медико-социального анкетирования

##### Модифицированный индекс Славичека

До и после реабилитации были получены значения модифицированного окклюзионного индекса Славичека («Славичек до», «Славичек после»), представленные в Таблице 7 для каждой из исследуемых групп соответственно.

Таблица 7 – Значения модифицированного индекса Славичека до и после проведения реабилитации

	Славичек до	Славичек после	Разница, %	Статистическая значимость
Общая выборка	17,45 ± 6,71 (17; 13–21)	7,16 ± 4,88 (7; 4–10)	- 58,96	p<0,05
Группа I	15,92 ± 7,30 (15; 12–20,5)	5,92 ± 4,78 (5; 2–8,75)	- 62,80	p<0,05
Группа II	18,83 ± 5,92 (18; 15–23)	8,28 ± 4,77 (7; 5–10)	- 56,04	p<0,05

В общей выборке пациентов среднее значение модифицированного индекса Славичека до лечения составлял 17,45 ± 6,71 (медиана 17; ИКР 13–21), после лечения среднее значение снизилось до 7,16 ± 4,88 (медиана 7; ИКР 4–10). Статистически достоверная разница составила 58,96% (Рисунок 14).

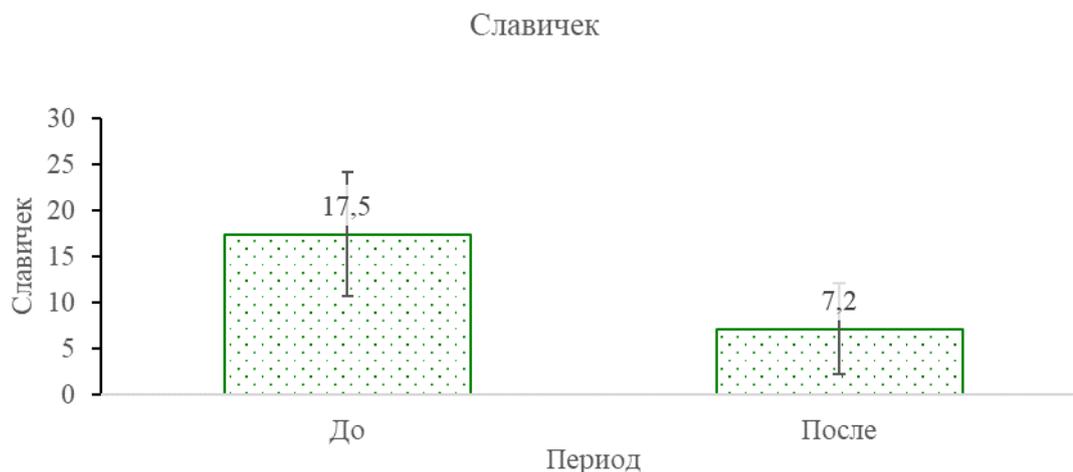


Рисунок 14 – Изменение значения индекса Славичека в общей выборке пациентов

В Группе I индекс Славичека в среднем снизился с  $15,92 \pm 7,30$  (медиана 15; ИКР 12–20,5) до  $5,92 \pm 4,78$  (медиана 5; ИКР 2–8,75). Разница составила 62,80% (Рисунок 15).

В Группе II значения «Славичек до» и «Славичек после» составили  $18,83 \pm 5,92$  (медиана 18; ИКР 15–23) и  $8,28 \pm 4,77$  (медиана 7; ИКР 5–10), соответственно. Среднее значение данного параметра снизилось на 56,04% (Рисунок 15).

Между значениями модифицированного индекса Славичека в исследуемых группах не была выявлена статистически значимая разница как до начала лечения ( $p=0,08$ ), так и после его завершения ( $p=0,055$ ) (Таблица 8; Приложение Б, Таблица Б2).

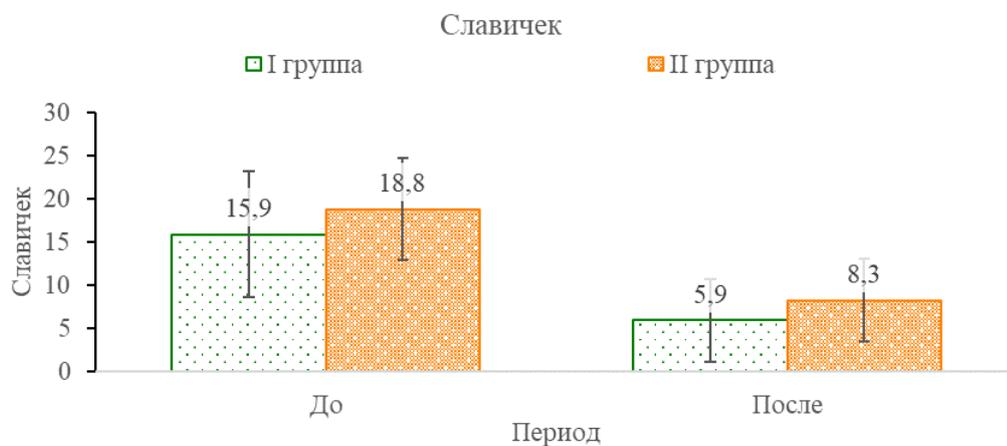


Рисунок 15 – Изменение значения индекса Славичека в исследуемых группах

Таблица 8 – Сравнение значений модифицированного индекса Славичека между исследуемыми группами

Характеристика	Группа I	Группа II	Статистическая значимость
Славичек до	15,92 ± 7,30 (15; 12–20,5)	18,83 ± 5,92 (18; 15–23)	p>0,05
Славичек после	5,92 ± 4,78 (5; 2–8,75)	8,28 ± 4,77 (7; 5–10)	p>0,05

### Эстетическая шкала NRS

Изменения значений эстетической шкалы NRS («NRS эстетика») до и после лечения («NRS эстетика до», «NRS эстетика после») представлены в Таблице 9.

В общей выборке пациентов потребность в изменении эстетики лица, выражаемая эстетической шкалой NRS возросла на 33,06% с 2,25 ± 2,54 (медиана 2; ИКР 0–4) до 3,00 ± 2,79 (медиана 3; ИКР 0–4,5) (Рисунок 16).

Таблица 9 – Средние значения эстетической шкалы до и после проведения реабилитации

	NRS эстетика до	NRS эстетика после	Разница, %	Статистическая значимость
Общая выборка	2,25 ± 2,54 (2; 0–4)	3,00 ± 2,79 (3; 0–4,5)	33,06	p<0,05
Группа I	2,35 ± 2,78 (1; 0–4,75)	2,96 ± 2,51 (3; 0,5–4)	26,23	p<0,05
Группа II	2,17 ± 2,35 (2; 0–4)	3,03 ± 3,06 (3; 0–5)	39,68	p<0,05

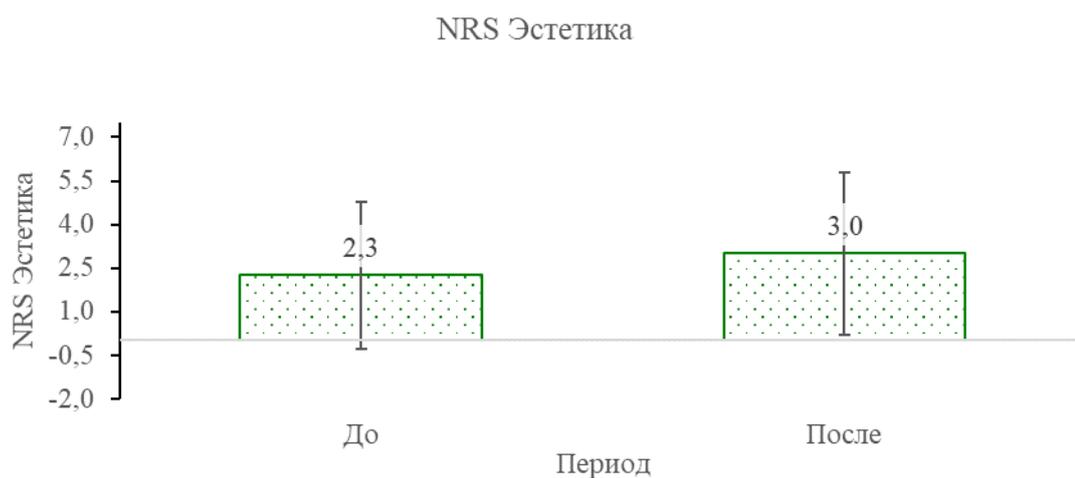


Рисунок 16. Изменение значения эстетической шкалы NRS в общей выборке пациентов

В Группе I средний показатель «NRS эстетика» возрос на 26,23% с  $2,35 \pm 2,78$  (медиана 1; ИКР 0–4,75) до  $2,96 \pm 2,51$  (медиана 3; ИКР 0,5–4) (Рисунок 17).

Среднее значение эстетической шкалы NRS в Группе II до начала лечения составило  $2,17 \pm 2,35$  (медиана 2; ИКР 0–4), а на момент завершения лечения возросло до  $3,03 \pm 3,06$  (медиана 3; ИКР 0–5). Рост значений составил 39,68% (Рисунок 17).

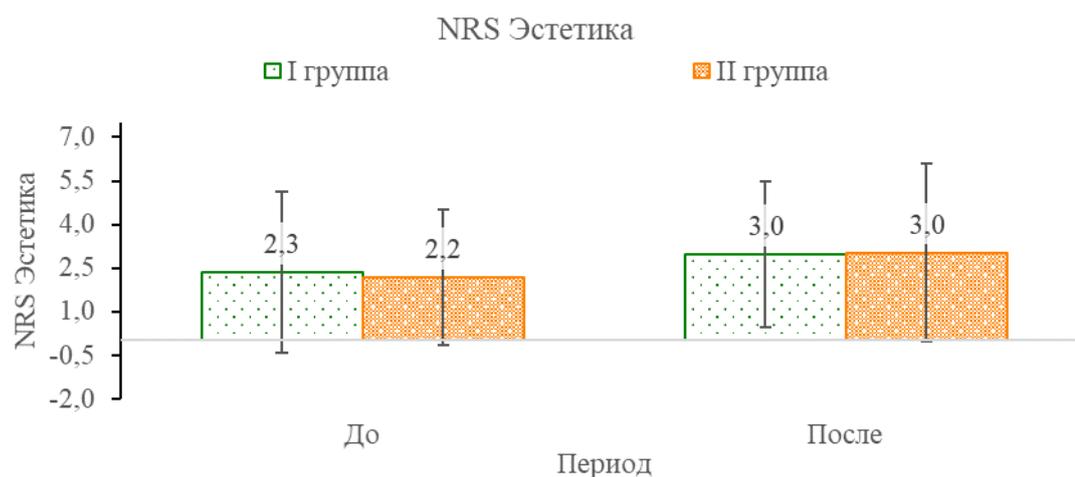


Рисунок 17 – Изменение значения эстетической шкалы NRS в исследуемых группах

При сравнении динамики изменения значений эстетической шкалы NRS между исследуемыми группами статически значимой разницы выявлено не было (Таблица 10; Приложение Б, Таблица Б2).

Таблица 10 – Сравнение средних значений эстетической шкалы NRS между исследуемыми группами

Характеристика	Группа I	Группа II	Статистическая значимость
NRS эстетика до	2,35	2,38	p>0,05
NRS эстетика после	2,96	3,24	p>0,05

### Функциональная шкала NRS

Изменения значений шкалы функциональной потребности в лечении («NRS функция») для общей выборки пациентов, а также для каждой из групп пациентов представлены в Таблице 11.

Значения шкалы функциональной шкалы NRS в общей выборке пациентов после проведения реабилитации снизились на 75,06% с  $7,22 \pm 2,04$  (медиана 7; ИКР 6–9) до  $1,80 \pm 1,54$  (медиана 2; ИКР 1–2) (Рисунок 18).

Таблица 11 – Значения функциональной шкалы NRS до и после проведения реабилитации

	NRS функция до	NRS функция после	Разница, %	Статистическая значимость
Общая выборка	$7,22 \pm 2,04$ (7; 6–9)	$1,80 \pm 1,54$ (2; 1–2)	- 75,06	p<0,05
Группа I	$6,38 \pm 2,02$ (6,5; 6–8)	$1,58 \pm 1,42$ (1,5; 0,25–2)	- 75,30	p<0,05
Группа II	$7,97 \pm 1,78$ (8; 7–10)	$2,00 \pm 1,65$ (2; 1–3)	- 74,89	p<0,05

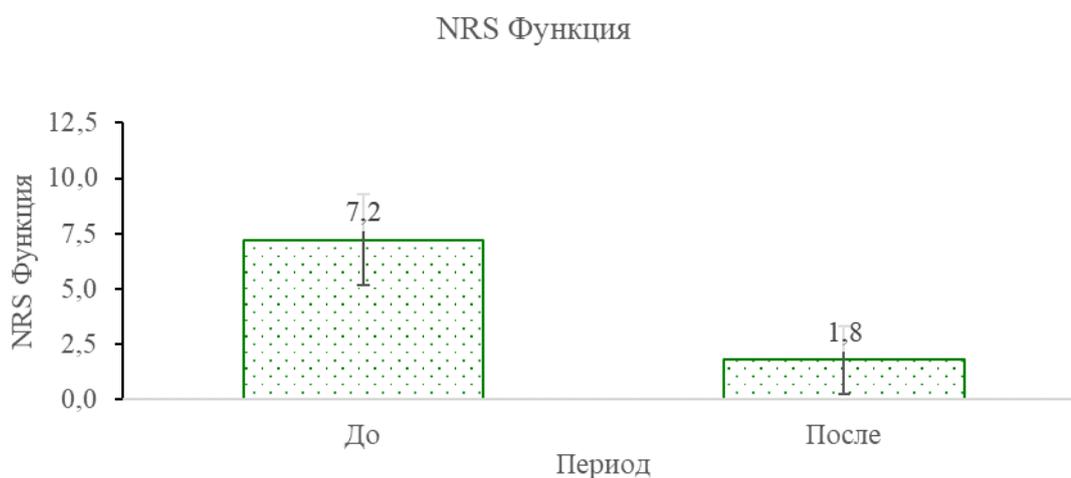


Рисунок 18 – Изменение значения функциональной шкалы NRS в общей выборке пациентов

В Группе I зафиксировано снижение среднего уровня субъективной потребности пациента в улучшении функции ЗЧС, выраженной с помощью функциональной шкалы NRS, на 75,30% с  $6,38 \pm 2,02$  (медиана 6,5; ИКР 6–8) до  $1,58 \pm 1,42$  (медиана 1,5; ИКР 0,25–2) (Рисунок 19).

В Группе 2 среднее значение функциональной шкалы NRS перед началом лечения составляло  $7,97 \pm 1,78$  (медиана 8; ИКР 7–10), в то время как после реабилитации стало равным  $2,00 \pm 1,65$  (медиана 2; ИКР 1–3). Относительная разница составила 74,89% (Рисунок 19).

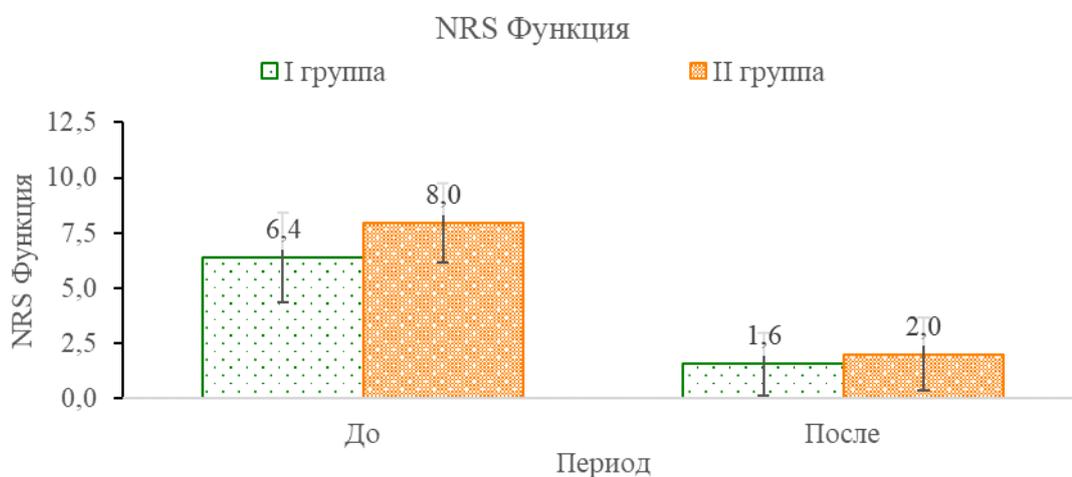


Рисунок 19 – Изменение значения функциональной шкалы NRS в исследуемых группах

Разница между значениями функциональной шкалы NRS до лечения реабилитации была статистически значимой ( $p=0,0061$ ), в то время как значимого различия между значениями данного параметра не было ( $p>0,05$ ) (Таблица 12; Приложение Б, Таблица Б2).

Таблица 12 – Сравнение значений функциональной шкалы NRS между исследуемыми группами

Характеристика	Группа I	Группа II	Статистическая значимость
NRS функция до	6,38 ± 2,02 (6,5; 6–8)	7,97 ± 1,78 (8; 7–10)	$p<0,05$
NRS функция после	1,58 ± 1,42 (1,5; 0,25–2)	2,00 ± 1,65 (2; 1–3)	$p>0,05$

### Эстетическая шкала IOTN

Средние значения IOTN в общей выборке пациентов составило  $3,33 \pm 2,28$  (медиана 3; ИКР 1,5–5), в Группе I  $3,31 \pm 1,95$  (медиана 3; ИКР 2–4,75), в Группе II  $3,34 \pm 2,57$  (медиана 2; ИКР 1–5). Статистически значимой разницы между исследуемыми группами не выявлено ( $p>0,05$ ) (Таблица 13; Приложение Б, Таблица Б2).

Таблица 13 – Сравнение средних значений IOTN в исследуемых группах

Характеристика	Группа I	Группа II	Статистическая значимость
IOTN	3,31 ± 1,95 (3; 2–4,75)	3,34 ± 2,57 (2; 1–5)	$p>0,05$

### 3.2 Результаты клинических методов исследования

#### Модифицированный индекс Хелкимо

Изменения значений модифицированного индекса Хелкимо до («Хелкимо до») и после («Хелкимо после») реабилитации для групп пациентов и общей выборки представлены в Таблице 14.

Таблица 14 – Значения модифицированного индекса Хелкимо до и после проведения реабилитации

	Хелкимо до	Хелкимо после	Разница, %	Статистическая значимость
Общая выборка	17,47 ± 8,54 (17; 11–22)	6,93 ± 3,82 (7; 5–10,5)	- 60,35	p<0,05
Группа I	14,69 ± 8,15 (14,5; 8–20)	6,08 ± 3,91 (6; 5–8,75)	- 58,64	p<0,05
Группа II	19,97 ± 8,24 (19; 15–23)	7,69 ± 3,65 (7; 5–11)	- 61,49	p<0,05

В общей выборке пациентов, принимавших участие в исследовании, средняя величина модифицированного индекса Хелкимо на момент начала реабилитации составила  $17,47 \pm 8,54$  (медиана 17, ИКР 11–22) после завершения реабилитации средняя величина индекса составила  $6,93 \pm 3,82$  (медиана 7; ИКР 5–10,5). Данный показатель снизился на 60,35% (Рисунок 20).

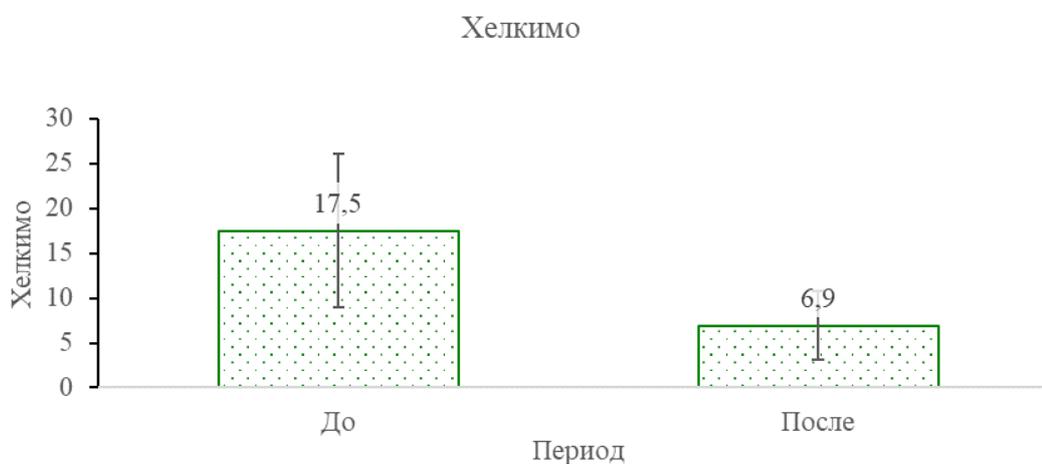


Рисунок 20 – Динамика изменения значений модифицированного индекса Хелкимо до и после реабилитации в общей выборке пациентов

В Группе I средние величины индекса Хелкимо до и после реабилитации составили  $14,69 \pm 8,15$  (медиана 14,5; ИКР 8–20) и  $6,08 \pm 3,91$  (медиана 6; ИКР 5–8,75). Среднее значение параметра снизилось на 58,64% (Рисунок 21).

В Группе II средние величины индекса Хелкимо до и после реабилитации составили  $19,97 \pm 8,24$  (медиана 19; ИКР 15–23) и  $7,69 \pm 3,65$  (медиана 7; ИКР 5–11), соответственно. Значение индекса в среднем снизилось на 61,49% (Рисунок 21).

На момент начала реабилитации выявлена статистически значимая ( $p < 0,05$ ) разница между значениями индекса Хелкимо в исследуемых группах (Таблица 15, Рисунок 22). Однако после завершения реабилитации разница между группами перестала быть значимой ( $p = 0,1271$ ) (Таблица 15; Приложение Б, Таблица Б2).

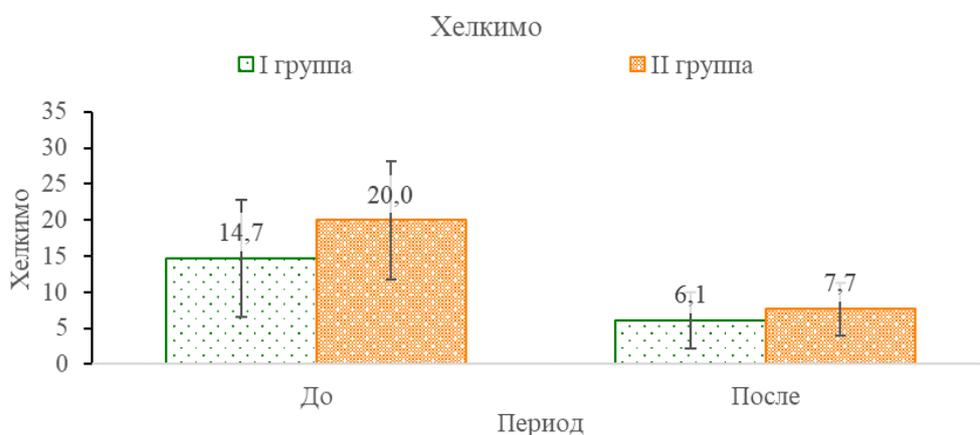


Рисунок 21 – Динамика изменения значений индекса Хелкимо до и после реабилитации в исследуемых группах

Таблица 15 – Сравнение средних значений индекса Хелкимо между исследуемыми группами

Характеристика	Группа I	Группа II	Статистическая значимость
Хелкимо до	$14,69 \pm 8,15$ (14,5; 8–20)	$19,97 \pm 8,24$ (19; 15–23)	$p < 0,05$
Хелкимо после	$6,08 \pm 3,91$ (6; 5–8,75)	$7,69 \pm 3,65$ (7; 5–11)	$p > 0,05$

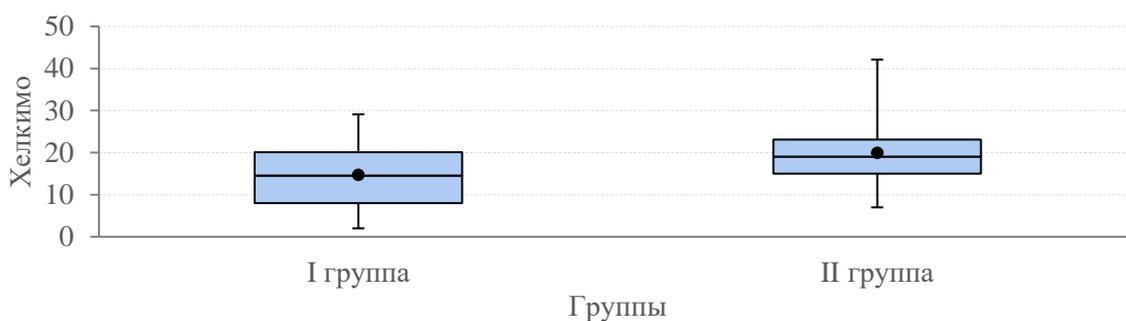


Рисунок 22 – Значения модифицированного индекса Хелкимо до начала лечения в исследуемых группах

### Результаты антропометрического метода обследования.

#### Окклюзионный компонент ICON

В общей выборке пациентов среднее значение окклюзионного компонента ICON составило  $6,60 \pm 6,58$  (медиана 6; ИКР 0–12). В Группе I  $5,77 \pm 5,40$  (медиана 5; ИКР 0–10,75), Группе II  $7,34 \pm 7,50$  (медиана 6; ИКР 0–13). Статистически значимых различий между группами выявлено не было ( $p > 0,05$ ) (Таблица 16; Приложение Б, Таблица Б2).

Таблица 16 – Сравнение средних значений ICON в исследуемых группах

Характеристика	Группа I	Группа II	Статистическая значимость
ICON	$5,77 \pm 5,40$ (5; 0–10,75)	$7,34 \pm 7,50$ (6; 0–13)	$p > 0,05$

### 3.3 Результаты статистической обработки данных

#### Корреляционный анализ

Проведен корреляционный анализ общей выборки пациентов с помощью коэффициента ранговой корреляции Спирмена. Составлена таблица корреляций значений параметров, используемых в исследовании Выделены

пары показателей, теснота корреляционных связей которых по шкале Чеддока соответствует умеренному уровню или выше (Таблица 17).

Наиболее высокой прямой корреляционной связью (0,75;  $p < 0,05$ ) обладают ICON и IOTN.

Модифицированный индекс Хелкимо и модифицированный окклюзионный индекс Славичека до лечения обладают заметной прямой корреляционной связью (0,51;  $p < 0,05$ ). Аналогичной связью до лечения обладают индекс Хелкимо и функциональная шкала NRS (0,56;  $p < 0,05$ ). При этом сила этой корреляционной связи несколько увеличивается после проведения реабилитации (0,59;  $p < 0,05$ ).

Прямой связью умеренной тесноты обладают следующие пары показателей:

- возраст пациента и функциональная шкала NRS до лечения (0,33;  $p < 0,05$ );
- степень Wilkes и модифицированный окклюзионный индекс Славичека до (0,33;  $p < 0,05$ ) и после лечения (0,31;  $p < 0,05$ );
- степень Wilkes и индекс Хелкимо как до (0,46;  $p < 0,05$ ), так и после лечения (0,36;  $p < 0,05$ );
- степень Wilkes и функциональная шкала NRS (0,48;  $p < 0,05$ ) до лечения;
- модифицированный окклюзионный индекс Славичека до лечения и индекс Хелкимо после лечения (0,4;  $p < 0,05$ );
- модифицированный индекс Славичека до лечения и функциональная шкала NRS как до (0,48;  $p < 0,05$ ), так и после лечения (0,31;  $p < 0,05$ );
- модифицированный индекс Славичека и индекс Хелкимо (0,32;  $p < 0,05$ ) после лечения;
- модифицированный индекс Славичека после лечения и функциональная шкала NRS после лечения (0,34;  $p < 0,05$ );

- индекс Хелкимо до лечения и функциональная шкала NRS после лечения (0,35;  $p < 0,05$ );
- эстетическая шкала NRS после лечения и функциональная шкала NRS после лечения (0,38;  $p < 0,05$ ).

Обратной связью умеренной тесноты обладают окклюзионный компонент ICON и индекс Хелкимо до лечения (-0,31;  $p < 0,05$ ).

Таблица 17 – Корреляционный анализ параметров, включая значения до и после реабилитации (\* $p < 0,05$ , \*\* $p < 0,01$ )

Характеристика	Возраст	Wilkes	IOTN	ICON	Славичек до	Славичек после	Славичек разница	Хелкимо до	Хелкимо после	Хелкимо разница	NRS Эстетика до	NRS Эстетика после	NRS Эстетика разница	NRS Функция до	NRS Функция после	NRS Функция разница
Возраст	1	0,26	0,26	0,24	0,11	-0,05	0,20	-0,01	0,08	-0,06	0,05	0,05	-0,06	0,33*	0,02	0,25
Wilkes	0,26	1	-0,05	0,04	0,33*	0,31*	0,21	0,46**	0,36**	0,35**	0,04	-0,01	0,03	0,48**	0,16	0,28*
IOTN	0,26	-0,05	1	0,75**	-0,09	-0,04	-0,15	-0,27*	-0,15	-0,27*	0,15	0,20	-0,10	-0,03	0,12	-0,23
ICON	0,24	0,04	0,75**	1	-0,18	-0,27	0,02	-0,31*	-0,27*	-0,21	0,03	-0,01	0,08	-0,12	-0,10	-0,07
Славичек до	0,11	0,33*	-0,09	-0,18	1	0,56**	0,67**	0,51**	0,4**	0,37**	-0,07	0,13	-0,33*	0,48**	0,31*	0,20
Славичек после	-0,05	0,31*	-0,04	-0,27	0,56**	1	-0,16	0,28*	0,32*	0,11	0,08	0,21	-0,18	0,25	0,34*	-0,02
Славичек разница	0,20	0,21	-0,15	0,02	0,67**	-0,16	1	0,37**	0,22	0,37**	-0,15	-0,06	-0,17	0,39**	0,00	0,39**
Хелкимо до	-0,01	0,46**	-0,27*	-0,31*	0,51**	0,28*	0,37**	1	0,63**	0,88**	-0,13	-0,03	-0,14	0,56**	0,35**	0,28*
Хелкимо после	0,08	0,36**	-0,15	-0,27*	0,4**	0,32*	0,22	0,63**	1	0,23	0,12	0,24	-0,20	0,25	0,59**	-0,10
Хелкимо разница	-0,06	0,35**	-0,27*	-0,21	0,37**	0,11	0,37**	0,88**	0,23	1	-0,26	-0,19	-0,07	0,52**	0,13	0,41**
NRS Эстетика до	0,05	0,04	0,15	0,03	-0,07	0,08	-0,15	-0,13	0,12	-0,26	1	0,75**	0,06	-0,02	0,23	-0,21
NRS Эстетика после	0,05	-0,01	0,20	-0,01	0,13	0,21	-0,06	-0,03	0,24	-0,19	0,75**	1	-0,53**	0,00	0,38**	-0,28*
NRS Эстетика разница	-0,06	0,03	-0,10	0,08	-0,33*	-0,18	-0,17	-0,14	-0,20	-0,07	0,06	-0,53**	1	-0,07	-0,27*	0,12
NRS Функция до	0,33*	0,48**	-0,03	-0,12	0,48**	0,25	0,39**	0,56**	0,25	0,52**	-0,02	0,00	-0,07	1	0,20	0,71**
NRS Функция после	0,02	0,16	0,12	-0,10	0,31*	0,34*	0,00	0,35**	0,59**	0,13	0,23	0,38**	-0,27*	0,20	1	-0,45**
NRS Функция разница	0,25	0,28*	-0,23	-0,07	0,20	-0,02	0,39**	0,28*	-0,10	0,41**	-0,21	-0,28*	0,12	0,71**	-0,45**	1

## Результаты обработки данных с применением машинного обучения

Массив данных общей выборки пациентов, принимавших участие в исследовании, был проанализирован с помощью модифицированной математической модели машинного обучения, результаты были проанализированы с известными данными, сделаны выводы о выборке пациентов [11].

Усредненные результаты анализа данных представлены на сводной гистограмме (Рисунок 23). Характеристики пациентов сортированы на оси ординат снизу вверх в порядке увеличения степени значимости. Высота столбцов на гистограмме соответствует степени встречаемости тех или иных значений характеристик в рамках используемой выборки. Цветовая шкала отражает значения используемых индексов от низких (голубой цвет) до высоких (ярко-красный цвет). Параметр «*SHAP-value*» по оси ординат отражает степень важности конкретного значения той или иной характеристики на вычисляемый алгоритмом результат прогноза, играя роль своеобразных «весов» для определения степени удовлетворённости пациента результатом лечения.

В предложенной математической модели положительные значения *SHAP-value* для используемых характеристик склоняют «чашу весов» в сторону большей степени удовлетворенности пациента результатом лечения, в то время как отрицательные значения, наоборот.

Например, красными кругами на гистограмме обозначен обобщенный «портрет» пациента, неудовлетворенного результатами лечения. Согласно разработанной модели прогнозирования предположительно это мужчина с низким значением индекса Хелкимо, высоким значением индекса Славичека, высоким значением окклюзионного компонента ICON, высоким показателем IOTN и низкой потребностью в коррекции функции ЗЧС по функциональной числовой рейтинговой шкале (Рисунок 23).

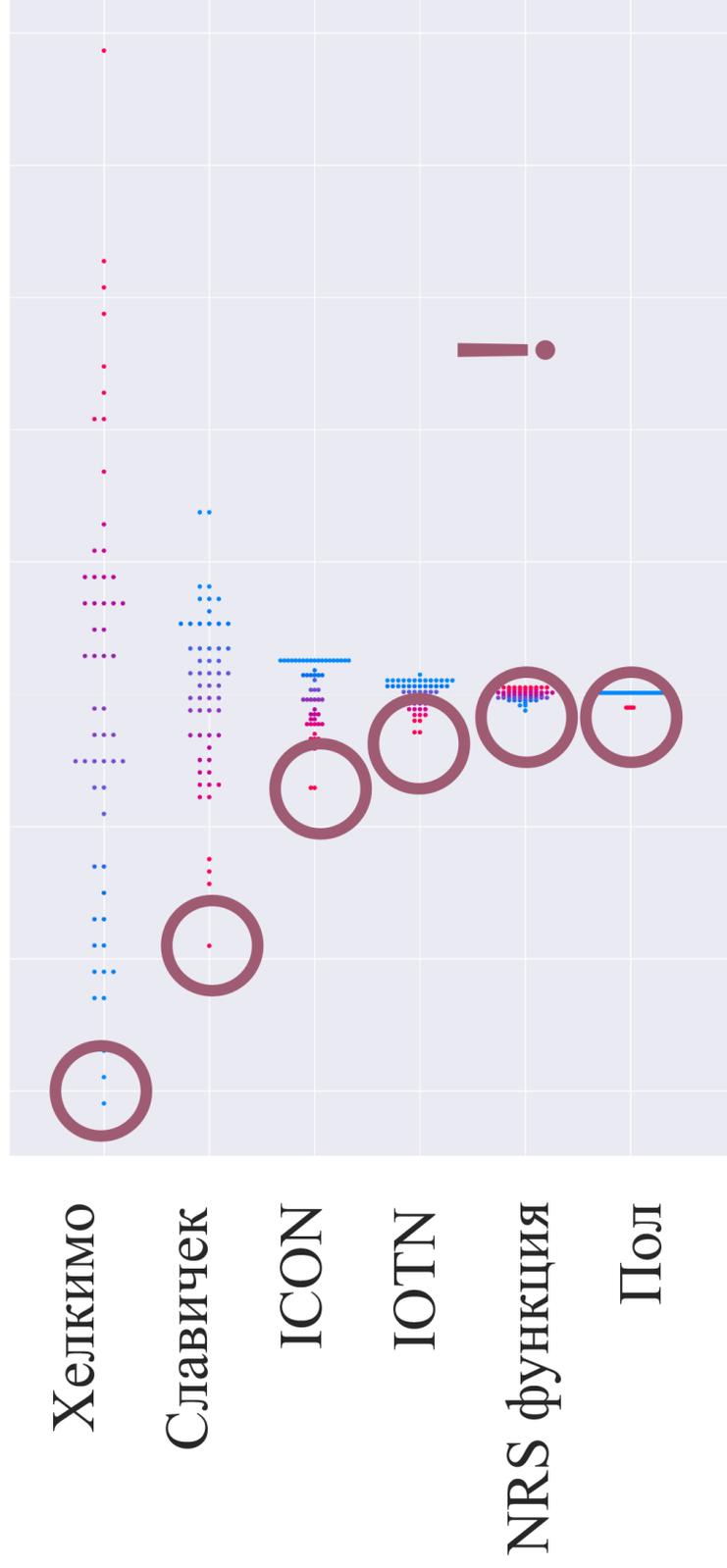


Рисунок 23 – Сводная гистограмма анализа данных, сгенерированная алгоритмом машинного обучения. Красными кругами отмечены значения, в среднем характерные для пациента, неудовлетворенного результатами лечения

Разработанная математическая модель способна показать не только усредненный «портрет» пациента, но и давать индивидуальные прогнозы для каждого конкретного клинического случая. Точность разработанной модели прогнозирования согласно индексу Ассигасу составила 78%, значение параметра ROC AUC составило 0,68. Средние значения параметров precision, recall и f1-score составили 0,86, 0,78, 0,81 соответственно. Исходный код алгоритма машинного обучения опубликован в сети Интернет в открытом доступе (Приложение А, Рисунок А3).

### 3.4 Клинические примеры

#### Клинический пример из группы I

Пациент А, 21 год, обратился с жалобами на боли в области височно-нижнечелюстного сустава с двух сторон и жевательных мышцах при жевании и открывании рта. Ранее не проходил лечение височно-нижнечелюстного сустава (Рисунок 24).



Рисунок 24 – Фотографии лица пациента А до лечения: фронтальная фотография, фотография с улыбкой, фотография с интраоральным ретрактором

По заключению МРТ-исследования ВНЧС, частичная вентральная дислокация суставного диска ВНЧС справа с репозицией, частичная медиальная дислокация суставного диска ВНЧС слева, формирующаяся при открывании рта. Умеренно выраженные признаки функциональной перегрузки латеральных крыловидных и жевательных мышц. Согласно клинико-рентгенологической классификации Wilkes вторая стадия развития интракапсулярной патологии ВНЧС.

Данные клинического обследования были выражены в числовом виде посредством модифицированного индекса Хелкимо, проведена фотофиксация амплитуды движений нижней челюсти (Таблица 18, Рисунок 25).

Для числового выражения субъективной потребности пациента в лечении дисфункции височно-нижнечелюстного сустава заполнены эстетическая и функциональная шкалы NRS, а также проведен расчет модифицированного индекса Славичека (Рисунок 26; Таблица 19).

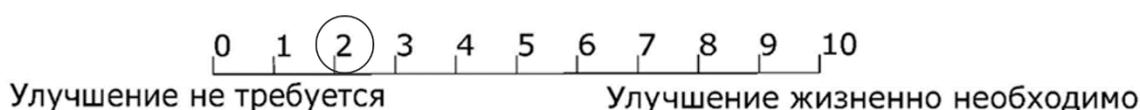


Рисунок 25 – Фотофиксация амплитуды движений нижней челюсти пациента  
А до начала лечения

Таблица 18 – Расчет модифицированного индекса Хелкимо для пациента А до начала лечения

Критерий	Характеристика	Комментарий	Балл
Симметрия лица	асимметрия лица при сомкнутых зубных рядах, которая не проходит при открывании рта		5
Амплитуда вертикальных движений нижней челюсти	не ограничена (открывание рта 38-56 мм)		0
Амплитуда боковых движений нижней челюсти	не ограничена (боковые движения 10-15 мм)		0
Протрузия нижней челюсти	не ограничена (5-7 мм)		0
Симметричность движений нижней челюсти при открывании рта	Девияция- движение нижней челюсти со смещением в сторону в начале и возвратом к средней линии в середине		1
Боль в височно-нижнечелюстном суставе при движениях нижней челюсти	боль при двух и более движениях нижней челюсти	болезненность при латеротрузии и открывании рта	5
Боль в жевательных мышцах при движениях нижней челюсти	отсутствует		0
Пальпация височно-нижнечелюстного сустава	пальпация болезненна с двух сторон		5
Пальпация жевательных мышц	четыре и более мышц болезненны при пальпации		5
Определение суставного шума при движениях нижней челюсти	суставной шум определяется на слух при широком открывании	щелчок слева	5
<b>ИТОГО</b>		<b>26</b>	

### Потребность в улучшении общей эстетики лица



### Потребность в улучшении функции зубочелюстной системы

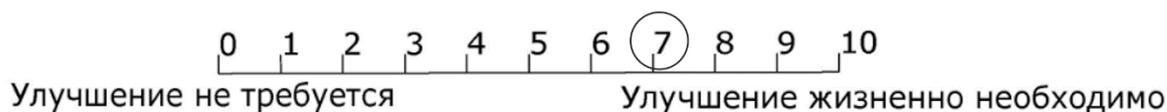


Рисунок 26 – Эстетическая и функциональная рейтинговые шкалы

NRS пациента А до начала лечения

Таблица 19 – Расчет модифицированного индекса Славичека пациента А до начала лечения

<b>ВНЧС субъективно</b>	<b>Баллы (0-3)</b>
Есть ли у Вас проблемы при пережевывании пищи? ( <b>усталость мышц</b> )	<b>2</b>
Отмечаете ли Вы проблемы с дикцией?	<b>1</b>
Пытаетесь ли Вы найти наиболее комфортное положение нижней челюсти?	<b>1</b>
Есть ли у Вас выраженная чувствительность в области каких либо зубов?	<b>0</b>
Ощущаете ли Вы усталость мышц в области нижней челюсти?	<b>2</b>
Испытываете ли затруднения при открывании рта? ( <b>по утрам</b> )	<b>1</b>
Чувствуете ли вы блокировку нижней челюсти при открывании рта? ( <b>слева</b> )	<b>1</b>
Испытываете ли боль в области сустава или мышц нижней челюсти? ( <b>больше справа</b> )	<b>1</b>
Испытываете ли боль при движении нижней челюсти?	<b>0</b>
Бывают ли у Вас спонтанные вывихи нижней челюсти?	<b>0</b>
Есть ли у Вас проблемы с осанкой?	<b>2</b>
Отмечаете ли Вы посторонние звуки при движениях нижней челюсти? ( <b>обе стороны</b> )	<b>2</b>
Часли Вас мучают головные боли, боли в области шеи или спины?	<b>2</b>
Скрипите ли Вы зубами или стискиваете их по ночам или днем?	<b>3</b>
Бывает ли что Вы храпите по ночам?	<b>1</b>
Часто ли Вы просыпаетесь по ночам?	<b>0</b>
<b>Итог</b>	<b>19</b>

Расчет окклюзионного компонента ICON проведен на диагностических моделях верхнего и нижнего зубных рядов в артикуляторе (Рисунок 27). Эстетическая шкала IOTN заполнена на основании интраорального фотопротокола зубных рядов (Рисунок 28).

Значения модифицированного индекса Хелкимо, модифицированного окклюзионного индекса Славичека, функциональной шкалы NRS, окклюзионного компонента ICON, эстетической шкалы были внесены в базу данных для последующей обработки с помощью алгоритма машинного

обучения с целью прогноза удовлетворенности пациента результатом лечения (Рисунок 29).

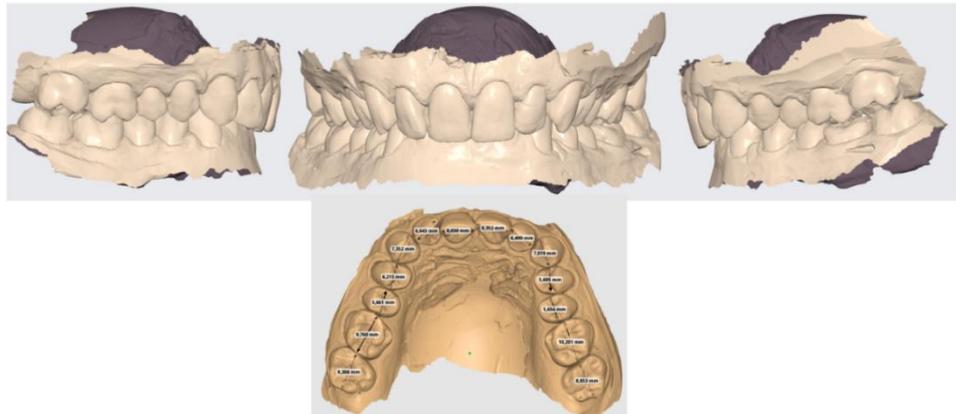


Рисунок 27 – Цифровые диагностические модели зубных рядов пациента А до начала лечения



Рисунок 28 – Интраоральный фотопротокол пациента А до начала лечения

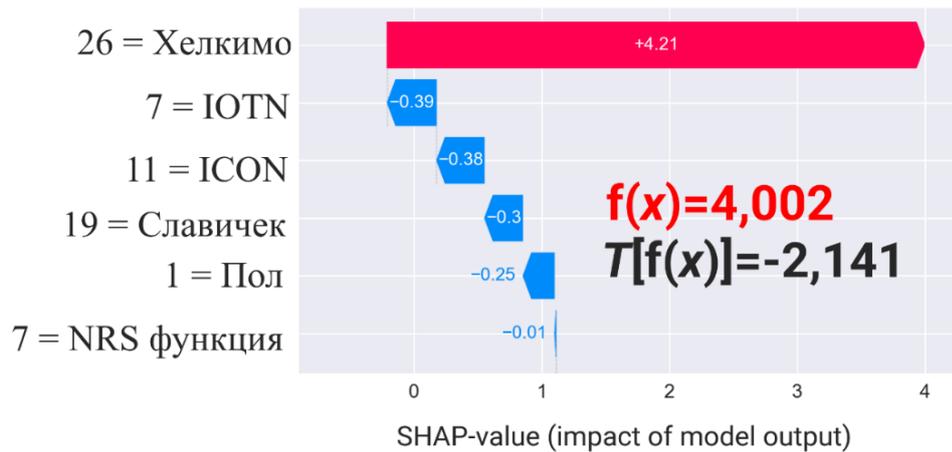


Рисунок 29 – Гистограмма, сгенерированная алгоритмом машинного обучения для пациента А перед началом лечения.

Слева от названий характеристик указаны их числовые значения. Пол пациента – бинарная характеристика, соответственно женщинам присвоено значение «0», мужчинам «1».

Функция  $f(x)$  рассчитывается как сумма всех значений SHAP-value для используемых характеристик, фактически она является числовым выражением прогнозируемой степени удовлетворенности пациента результатами лечения.  $T[f(X)]$  – значение функции  $f(x)$ , соответствующее пороговому значению вероятности (0,1), в данном случае оно равно -2,141. Согласно математической модели, если значение  $f(x)$  будет больше значения  $T[f(X)]$ , то пациент будет удовлетворен результатом реабилитации. В данном случае  $f(x)=4,002$ , согласно прогнозу алгоритма машинного обучения, что говорит о позитивном прогнозе удовлетворённости результатом лечения.

После проведения сплонт-терапии был проведен повторный сбор диагностических данных.

Задачи консервативного лечения были решены, боли в области височно-нижнечелюстного сустава и жевательных мышц устранены. Проведено сравнение значений характеристик, отражающих объективное и субъективное состояние пациента, до и после проведения сплонт-терапии (Таблице 20). В данный момент пациент находится на этапе ортодонтического лечения с целью коррекции положения зубов и подготовки к рациональному эстетико-функциональному протезированию.

Таблица 20 – Значения характеристик для пациента А до и после сплонт-терапии

Характеристики	Хелкимо	ICON	IOTN	Славичек	NRS функция
До сплонт-терапии	26	11	7	19	7
После сплонт-терапии	13	11	7	11	3

## Клинический пример из группы II

Пациентка Б, женщина, 58 лет, обратилась за медицинской помощью с жалобами на боли в области височно-нижнечелюстного сустава с двух сторон, ограничение открывания рта, гипертонус жевательных мышц, неудобное смыкание зубов (Рисунок 30). Ранее неоднократно проходила лечение дисфункции височно-нижнечелюстного сустава в стороннем учреждении. Согласно магнитно-резонансной томографии височно-нижнечелюстного сустава четвертая стадия развития интракапсулярной патологии двух сторон по классификации Wilkes.



Рисунок 30 – Фотографии лица пациентки Б до лечения: фронтальная фотография, фотография с улыбкой, фотография с интраоральным ретрактором

Проведен стандартный для данного исследования сбор диагностических данных, включающий в себя фотофиксацию амплитуды движений нижней челюсти, расчеты модифицированного индекса Хелкимо, модифицированного окклюзионного индекса Славичека, окклюзионного компонента ICON, эстетической шкалы IOTN, эстетической и

функциональной числовых рейтинговых шкал NRS (Рисунки 31, 32, 33; Таблица 21).

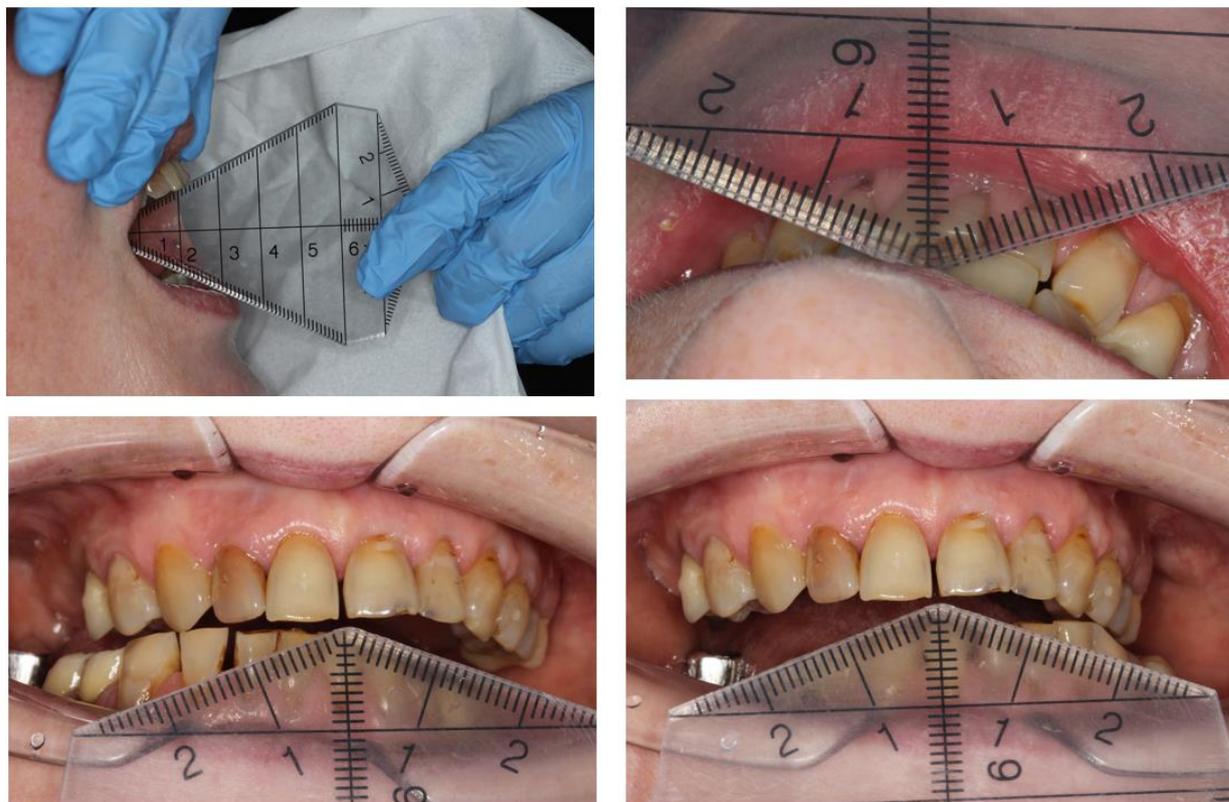


Рисунок 31 – Фотофиксация амплитуды движений нижней челюсти пациентки Б до начала лечения



Рисунок 32 – Цифровые диагностические модели зубных рядов пациентки Б до начала лечения



Рисунок 33 – Интраоральный фотопротоккол пациентки Б до начала лечения

В данном случае согласно прогнозу алгоритма машинного обучения пациентка не будет удовлетворена результатом лечения. При этом согласно сгенерированной гистограмме значения SHAP-value смещен в сторону негативного прогноза в первую очередь за счет субъективной характеристики функционального состояния зубочелюстной системы – модифицированного окклюзионного индекса Славичека (Рисунок 34).

Используя полученную гистограмму в качестве иллюстрации, пациентке разъяснена значимость ее субъективного восприятия для успеха проведения реабилитации. После повторного приема пациентке была рекомендована консультация психотерапевта перед началом сплент-терапии.

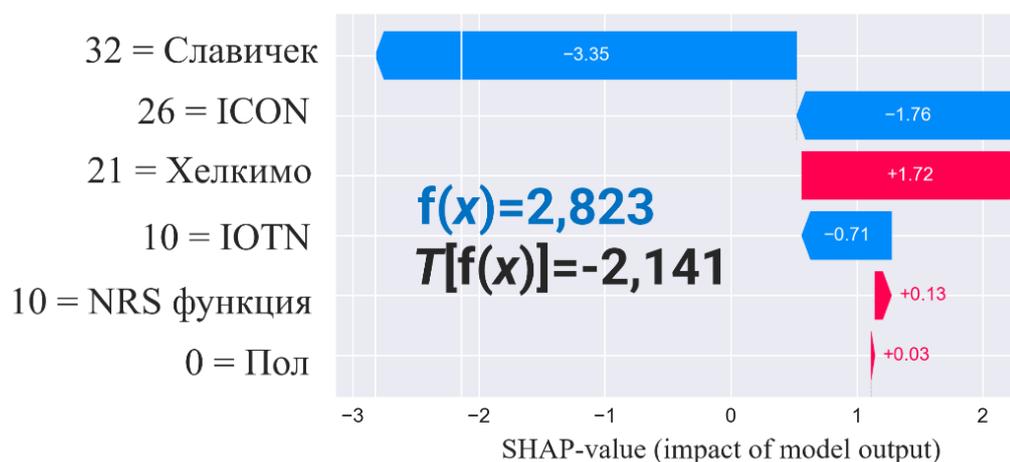


Рисунок 34 – Гистограмма, сгенерированная алгоритмом машинного обучения для пациентки Б на момент обращения за медицинской помощью.

После проведения психотерапии был проведен повторный сбор диагностических данных с последующим анализом полученных результатов с применением технологии машинного обучения (Рисунок 35). Изменились значения только характеристик субъективного состояния пациента. Прогноз успеха реабилитации стал положительным. После чего было принято решение о начале проведения сплинт-терапии.

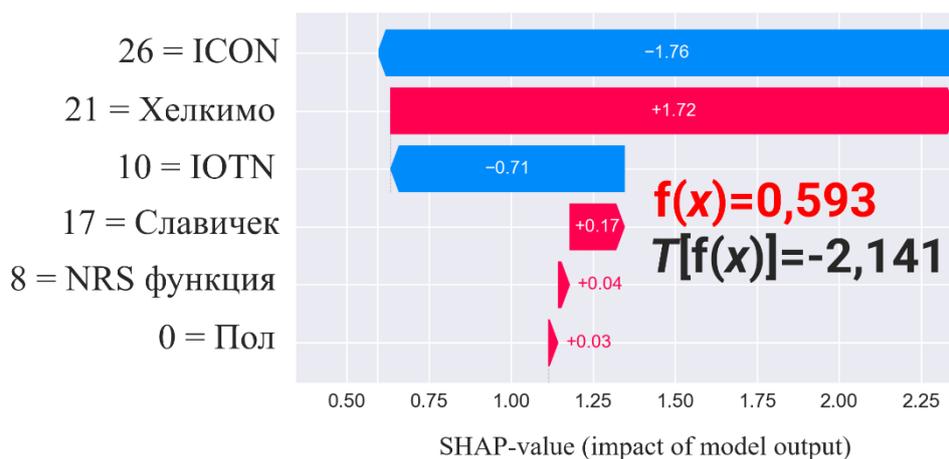


Рисунок 35 – Гистограмма, сгенерированная алгоритмом машинного обучения для пациентки Б после проведения психотерапии

Задачи консервативного лечения были выполнены: амплитуда открывания рта увеличилась, боли в области височно-нижнечелюстного сустава и спазм жевательных мышц устранены (Рисунок 36). Проведено сравнение значений характеристик до психотерапии, после психотерапии, а также после проведения сплинт-терапии (Таблица 21). В данный момент пациентка находится на этапе эстетико-функционального протезирования.

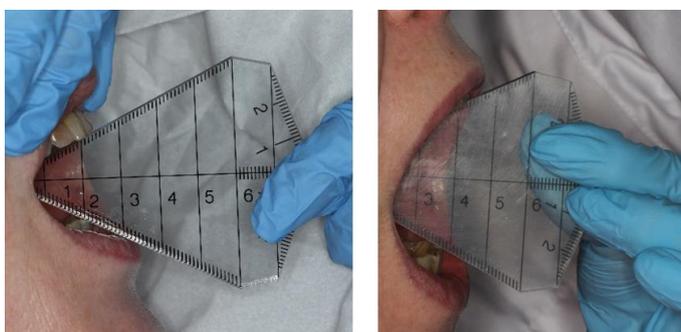


Рисунок 36. Амплитуда открывания рта пациентки Б слева до и справа после сплинт-терапии

Таблица 21 – Значения характеристик для пациента Б до психотерапии, после психотерапии и после проведения сплонт-терапии.

<b>Характеристики</b>	<b>Хелкимо</b>	<b>ICON</b>	<b>IOTN</b>	<b>Славичек</b>	<b>NRS функция</b>
<b>До психотерапии</b>	21	26	10	32	10
<b>После психотерапии</b>	21	26	10	17	8
<b>После сплонт-терапии</b>	9	26	10	4	4

## ГЛАВА 4. ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

### Анализ результатов обследования общей выборки пациентов

В общей выборке преобладают пациенты женского пола, что соответствует данным опубликованных ранее исследований [55, 72, 86, 153]. Между исследуемыми группами отсутствует значимая разница по половому и возрастному признакам.

Значения модифицированного окклюзионного индекса Славичека, модифицированного индекса Хелкимо, а также функциональной шкалы NRS снизились неравномерно.

В ряде случаев при изначальном наличии смещения суставного диска без репозиции факт появления щелчков при движениях нижней челюсти после проведения сплонт-терапии говорит о появлении частичной репозиции суставного диска височно-нижнечелюстного сустава. При этом в случае устранения болевого синдрома и увеличения амплитуды движений нижней челюсти объективно констатируют успех лечебных мероприятий. В таких случаях значение критерия индекса Хелкимо «Определение суставного шума при движениях нижней челюсти» возрастает на фоне снижения значений других критериев. Тем не менее появление щелчков может негативно сказываться на субъективной оценке пациентом результатов лечения. Появление еще одного симптома, даже на фоне устранения болевой дисфункции, может смутить пациента, что находит отражение в оценке по функциональной числовой рейтинговой шкале NRS, а также по модифицированному окклюзионному индексу Славичека (критерий «Отмечаете ли Вы посторонние звуки при движении нижней челюсти?») [12].

Субъективная потребность в изменении эстетики лица после проведения сплонт-терапии по эстетической шкале NRS несколько возросла в обеих группах.

Согласно опубликованным результатам исследований распространенность ДВНЧС у пациентов с асимметрией нижней челюсти значительно выше, чем у пациентов без нее [154]. Наличие скелетной асимметрии рассматривается в качестве этиопатологического фактора развития заболеваний ВЧНС [3, 154]. Во время проводимой сплонт-терапии происходит устранение влияния окклюзионного фактора формирования дисфункции височно-нижнечелюстного сустава и спазма жевательной мускулатуры, а также установка мышечковых отростков нижней челюсти в стабильном мышечно-скелетном положении [61, 65]. Такое положение нижней челюсти вовсе не гарантирует визуальное смещение подбородка к средней линии лица, более того в некоторых случаях происходит декомпенсация скелетных аномалий окклюзии, что в свою очередь проявляется в виде увеличения степени асимметрии лица, что находит свое отражение на эстетической шкале NRS. Кроме того, значение критерия «Симметрия лица» индекса Хелкимо на момент повторного обследования может остаться неизменным или возрасти [12].

### **Анализ результатов сравнения исследуемых групп**

В каждой из исследуемых групп было проведено лишь по 1 хирургической коррекции положения суставного диска. Малое количество хирургических вмешательств связано с высокой эффективностью используемого в исследовании алгоритма реабилитации пациентов при ДВНЧС, в рамках которого первым этапом проводилась сплонт-терапия, а решение о целесообразности проведения хирургического вмешательства принималось исходя из характера динамики при проводимом консервативном лечении. Такое распределение хирургических вмешательств ставит под сомнение целесообразность строгого следования предполагаемым вариантам

лечения по классификации Clyde H. Wilkes. Данная классификация широко распространена как в клинической практике, так и в научных работах [24, 24, 40, 44, 74]. Результаты ряда исследований говорят о необходимости ее модернизации в соответствии с современными малоинвазивными методами лечения заболеваний височно-нижнечелюстного сустава [99, 148].

Параметры, объективно характеризующие эстетику зубных рядов (IOTN) и состояние окклюзии (ICON), в исследуемых группах не отличались. Что говорит об отсутствии прямой взаимосвязи между стадией развития ДВНЧС по Clyde H. Wilkes и состоянием зубных рядов. Это наблюдение говорит в пользу мнения о малой роли окклюзионного компонента в развитии ДВНЧС [9, 43, 45].

Субъективная потребность в изменении эстетики лица, выражаемая по эстетической шкале NRS в обеих группах несколько возросла, что может быть связано с внешними проявлениями декомпенсации скрытых скелетных аномалий, в том числе и асимметрий, после проведения сплент-терапии. Предложенный ранее индекс скелетной асимметрии является полезным инструментом дифференциальной диагностики и определения степени выраженности асимметрий ЗЧС скелетного характера [29]. Своевременное выявление компенсированных скелетных аномалий и информирование пациента о возможности изменения эстетики лица поможет повысить предсказуемость реакции его реакции на результат реабилитации.

Объективная функциональная нуждаемость нормализации функции ЗЧС достоверно снизилась в обеих группах. При этом на момент начала лечения значения индекса Хелкимо в Группе II были выше, чем в Группе I. Однако после завершения реабилитации значимая разница между исследуемыми группами по данному параметру отсутствовала. Для пациентов на поздних стадиях развития ДВНЧС характерен более высокий уровень объективной нуждаемости в реабилитации.

С функциональной точки зрения субъективную потребность в лечении ДВНЧС отражали 2 параметра: модифицированный индекс Славичека и

функциональная шкала NRS. К концу лечения значения этих параметров достоверно снизились в исследуемых группах, что говорит об общей эффективности используемого протокола реабилитации. Разница между значениями индекса Славичека в исследуемых группах не была статистически достоверной. Значения функциональной шкалы NRS до начала лечения были выше в Группе II, что говорит о более высокой субъективной нуждаемости в коррекции функции ЗЧС у пациентов на более поздних стадиях развития патологии ВНЧС, что соответствует результатам исследований других авторов [40]. После реабилитации статистической разницы между значениями данной характеристики для исследуемых групп не было.

### **Анализ результатов корреляционного анализа**

По результатам проведенного корреляционного анализа были выделены пары различных параметров, имеющие между собою статистически значимые взаимосвязи по шкале корреляции Чеддока как до начала реабилитации, так и после ее завершения (Таблица 22, 23).

Высокая степень корреляции по Спирмену между IOTN и ICON объясняется тем, что оба данных параметра определяются врачом, проводящим обследование исходя из анатомических и функциональных норм. Профильное образование несомненно оказывает влияние на восприятие эстетики зубных рядов, что подтверждают результаты опубликованных ранее исследований, посвященных сравнению значений эстетической шкалы IOTN, определяемых врачом и пациентом [26–28].

Согласно анализу результатов корреляционного анализа объективных и субъективных параметров до начала лечения пары «модифицированный индекс Хелкимо – функциональная шкала NRS», а также «модифицированный индекс Хелкимо – модифицированный окклюзионный индекс Славичека» обладают наиболее сильной статистически значимой заметной прямой взаимосвязью. После завершения лечения теснота взаимосвязи в паре «модифицированный индекс Хелкимо – функциональная шкала NRS»

остаётся на том же уровне. Эти свойства повышает ценность одновременного применения данных показателей в клинической практике с целью определения соответствия объективной нуждаемости и субъективной потребности пациента в лечении с точки зрения функции ЗЧС [10, 12, 14].

Таблица 22 – Пары параметров исследования, имеющие статистически значимые взаимосвязи по шкале корреляции Чеддока до лечения

Пары параметров исследования	Степень корреляции по Спирмену	Теснота связи по шкале Чеддока	Статистическая значимость
<b>IOTN-ICON</b>	0,75	Высокая	p<0,01
<b>Хелкимо до – NRS функция до</b>	0,56	Умеренная	p<0,01
<b>Хелкимо до – Славичек до</b>	0,51	Умеренная	p<0,01
<b>Хелкимо до – Стадия Wilkes</b>	0,46	Умеренная	p<0,01
<b>Славичек до – NRS функция до</b>	0,48	Умеренная	p<0,01
<b>NRS функция до – Стадия Wilkes</b>	0,48	Умеренная	p<0,01
<b>Славичек до – Стадия Wilkes</b>	0,33	Умеренная	p<0,05

Результаты исследований, посвященных сравнению уровней субъективной потребности и объективной нуждаемости пациентов с деформациями челюстно-лицевой области в междисциплинарном лечении до и после реабилитации свидетельствуют о наличии сильной корреляции между индексом Хелкимо и модифицированной анкетой по Славичеку. Коэффициент корреляции между субъективной оценкой по модифицированной анкете Славичека и объективной оценкой по индексу Хелкимо составлял 0,73; после завершения лечения коэффициент корреляции между значениями этих параметров снизился до 0,51, характеризуя среднюю степень положительной

связи. Из чего следует, что данная пара показателей может отражать динамику и результаты проводимого лечения с учетом объективной клинической картины и субъективного представления пациента о своем состоянии [10]. Также выявлены прямые статистически значимые взаимосвязи между модифицированным индексом Хелкимо, модифицированным окклюзионным индексом Славичека и функциональной визуально-аналоговой шкалой VAS (прямым аналогом функциональной числовой рейтинговой шкалы NRS, используемой в исследовании) [116]. Однако эти выводы были справедливы для пациентов с врожденными и приобретенными деформациями ЗЧС и основывались на более ограниченной выборке пациентов.

Таблица 23 – Пары параметров исследования, имеющие статистически значимые взаимосвязи по шкале корреляции Чеддока после лечения

Пары параметров исследования	Степень корреляции по Спирмену	Теснота связи по шкале Чеддока	Статистическая значимость
<b>Хелкимо после – NRS функция после</b>	0,59	Умеренная	p<0,01
<b>NRS функция до – Стадия Wilkes</b>	0,48	Умеренная	p<0,01
<b>NRS функция после – NRS эстетика после</b>	0,38	Умеренная	p<0,01
<b>Хелкимо после – Стадия Wilkes</b>	0,36	Умеренная	p<0,01
<b>Славичек после – NRS функция после</b>	0,34	Умеренная	p<0,05
<b>Славичек после – Хелкимо после</b>	0,34	Умеренная	p<0,05
<b>Славичек после – Wilkes</b>	0,31	Умеренная	p<0,05

Таким образом, после проведенного корреляционного анализа между параметрами, используемыми в исследовании, выявлены связи различной степени значимости. Относительно рассеянная теснота этих корреляций по

шкале Чеддока не позволяет выделить единственную пару параметров для достоверного определения согласованности потребности и нуждаемости изолировано от остальных.

Однако это далеко не все выявленные корреляции между исследуемыми параметрами. Нами были выявлены статистически значимые корреляции между параметрами, разделенными хронологически. Например, значения окклюзионного индекса Славичека на момент начала реабилитации обладают взаимосвязью умеренной тесноты со значениями индекса Хелкимо после завершения реабилитации (Таблица 17).

Это дает теоретическую возможность для создания математической модели прогнозирования результатов реабилитации с применением технологии машинного обучения.

### **Анализ результатов обработки данных с применением технологии машинного обучения**

Анализ массива данных с применением технологии машинного обучения позволил установить неочевидные закономерности среди объективных и субъективных характеристик состояния пациента с патологией ВЧНС.

Для общей выборки удалось составить усредненный «портрет» пациента с низкой прогнозируемой удовлетворенностью результатом лечения, а также ранжировать характеристики по степени значимости для прогноза удовлетворённости (Рисунок 23). Однако при детальном рассмотрении каждого клинического случая степень значимости параметров (сортировка характеристик по оси ординат) не повторяет усредненное распределение общей выборки пациентов, а варьируется для каждого конкретного случая (Рисунок 37).

Построенная математическая модель способна численно выразить и спрогнозировать уровень удовлетворенности пациента результатом лечения еще до его начала. Функция  $f(x)$  – фактически является числовым выражением

прогнозируемого уровня удовлетворенности пациента результатом лечения. Показатель  $T[f(x)]$  – по своей сути разграничивающее значение, с которым сравнивается значение  $f(x)$  для конкретного пациента. В разработанной нами математической модели значение  $f(x) > T[f(x)]$ , говорит о позитивном прогнозе удовлетворённости пациента предстоящим лечением,  $f(x) < T[f(x)]$  говорит в пользу негативного прогноза. Результатами предыдущих исследований явились алгоритмы машинного обучения, работающие по аналогичному принципу. В них за разграничивающее значение принималось математическое ожидание  $E[f(x)]$ , характеризующее общую выборку пациентов со стандартным пороговым значением вероятности (0,5) [11]. В данной научной работе мы использовали показатель  $T[f(x)]$ , учитывающий несбалансированность выборки пациентов, что в свою очередь повысило качество и достоверность прогноза удовлетворенности пациентов с болезнями ВНЧС результатом предстоящей реабилитации.

Гистограммы, генерируемые алгоритмом машинного обучения, в клинической практике показали себя информативным инструментом визуализации диагностических данных пациента, позволяющим оценить, за счет каких параметров прогноз удовлетворённости реабилитацией смещается в ту или иную сторону (Рисунки 29, 34, 35). Выделение характеристики, оказывающей наибольшее влияние на прогнозируемую степень удовлетворенности пациента предстоящим лечением, позволяет скорректировать алгоритм действий индивидуально для конкретной клинической ситуации. В некоторых случаях визуализация в виде гистограмм может быть использована в качестве иллюстрации при обсуждении с пациентом плана лечения [13].

Пациент А		Пациент Б		Общая выборка	
Хелкимо	Славичек	ИCON	Хелкимо	ИCON	Хелкимо
IOTN	ИCON	Хелкимо	Славичек	ИOTN	Славичек
ИCON	Хелкимо	ИOTN	ИCON	ИCON	ИCON
Славичек	ИOTN	Славичек	ИOTN	ИOTN	ИOTN
Пол	NRS функция	NRS функция	NRS функция	NRS функция	NRS функция
NRS функция	Пол	Пол	Пол	Пол	Пол

Рисунок 37 – Сравнение распределения параметров по оси ординат между пациентом А, пациенткой Б и общей выборкой пациентов

Производительность и качество прогноза разработанной модели, характеризующаяся параметрами Accuracy=0,78; ROC AUC=0,68; f1-score=0,81; precision=0,86; recall=0,78, на данном этапе не являются совершенными, что связано с весьма ограниченным количеством данных для данного типа анализа, а также малым количеством пациентов с низкой степенью удовлетворенности проведенным лечением. Тем менее полученные нами результаты уже говорят о том, что, применение технологии машинного обучения для обработки объективных и субъективных характеристик состояния пациента открывает широкий спектр возможностей для прогнозирования степени его удовлетворенности лечением.

В перспективе подобный подход может сыграть огромную роль в формировании индивидуальных показаний пациента для выбора алгоритма лечения, что в свою очередь без сомнения ляжет в основу передовых систем поддержки принятия клинических решений.

## ВЫВОДЫ

1. В процессе лечения субъективная потребность и объективная нуждаемость пациента с заболеванием височно-нижнечелюстного сустава в улучшении функционального состояния зубочелюстной системы достоверно снижаются («Хелкимо до»= $17,47 \pm 8,54$  (17; 11–22), «Хелкимо после»= $6,93 \pm 3,82$  (7; 5–10,5); «Славичек до»= $17,45 \pm 6,71$  (17; 13–21), «Славичек после»= $7,16 \pm 4,88$  (7; 4–10); «NRS функция до»= $7,22 \pm 2,04$  (7; 6–9), «NRS функция после»= $1,80 \pm 1,54$  (2; 1–2);  $p < 0,05$ ), в то время как субъективная потребность в изменении эстетики лица возрастает («NRS эстетика до»= $2,25 \pm 2,54$  (2; 0–4), «NRS эстетика после»= $3,00 \pm 2,79$  (3; 0–4,5);  $p < 0,05$ ).

2. Среди параметров, используемых в исследовании (эстетическая шкала IOTN, окклюзионный компонент ICON, эстетическая и функциональная числовые рейтинговые шкалы NRS, модифицированный окклюзионный индекс Славичека, модифицированный индекс Хелкимо, стадия развития патологии височно-нижнечелюстного сустава по Clyde Wilkes), наиболее согласованными объективными и субъективными числовыми характеристиками пациента с заболеванием височно-нижнечелюстного сустава являются функциональная рейтинговая шкала NRS и модифицированный индекс Хелкимо, соответственно (коэффициент корреляции Спирмена до лечения 0,56; после лечения 0,59  $p < 0,05$ ). Данная пара показателей отражает динамику и результаты проводимого лечения с учетом объективной клинической картины и субъективного представления пациента о своем состоянии.

3. Пол пациента, индекс Хелкимо, модифицированный окклюзионный индекс Славичека, окклюзионный компонент ICON, функциональная числовая рейтинговая шкала (NRS), эстетическая шкала IOTN являются объективными и субъективными характеристиками пациента с заболеванием височно-нижнечелюстного сустава, анализ которых с

применением методики скрининговой оценки клинических данных на основе технологии машинного обучения, предоставляет возможность количественно выразить и спрогнозировать удовлетворенность пациента результатами предстоящего лечения.

4. Разработанный метод скрининговой оценки клинических данных с применением алгоритма машинного обучения способен прогнозировать уровень удовлетворенности пациента с заболеванием височно-нижнечелюстного сустава результатами комплексной реабилитации на основании оценки признаков, характеризующих объективный клинический статус пациента и его субъективное представление о своем состоянии перед началом комплексной реабилитации (Accuracy=0,78; ROC AUC=0,68; f1-score=0,81; precision=0,86; recall=0,78).

5. Разработанный метод скрининговой оценки клинических данных на основе технологии машинного обучения способен рассчитать степень влияния объективных и субъективных характеристик состояния пациента при заболевании височно-нижнечелюстного сустава на прогнозируемый уровень его удовлетворенности результатом лечения с учетом конкретной клинической ситуации.

## ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Для комплексного анализа состояния пациента с заболеванием височно-нижнечелюстного сустава необходим сбор диагностических данных, отражающим в числовом виде уровни его объективной нуждаемости и субъективной потребности. В клинической практике для отражения объективной нуждаемости и субъективной потребности в лечении имеют ценность следующие числовые параметры:

- модифицированный индекс Хелкимо для объективной клинической оценки степени дисфункции височно-нижнечелюстного сустава и функционального состояния зубочелюстной системы;
- окклюзионный компонент ICON для объективного числового выражения состояния зубных рядов с анатомической точки зрения;
- модифицированный окклюзионный индекс Славичека для числового выражения субъективной потребности пациента в коррекции функционального состояния зубочелюстной системы;
- числовые рейтинговые шкалы (NRS) использовались с целью числового выражения пациентом субъективной потребности в улучшении эстетики лица и функции зубочелюстной системы;
- эстетическая шкала IOTN для оценки степени объективной нуждаемости пациента в лечении с точки зрения визуальной привлекательности зубных рядов.

2. При использовании математической модели с применением технологии машинного обучения для прогнозирования степени удовлетворенности пациента с заболеванием височно-нижнечелюстного сустава результатом лечения наиболее весомыми характеристиками являются модифицированные индексы Хелкимо и Славичека. Однако их значимость варьируется для каждого конкретного клинического случая, и для увеличения

степени достоверности прогнозов необходим анализ всех, перечисленных выше индексов.

3. В случае резкого расхождения числовых параметров, характеризующих объективную нуждаемость и субъективную потребность пациента в лечении необходимо уделить дополнительное внимание выявлению истинной причины проявления симптоматики, характерной для заболевания височно-нижнечелюстного сустава, а также определению мотивации пациента для обращения за медицинской помощью. В некоторых случаях необходимо привлечение врачей других специальностей, в частности психотерапевта или невролога.

4. При планировании лечения пациентов с заболеваниями височно-нижнечелюстного сустава в качестве метода скрининговой оценки прогнозируемой степени удовлетворённости результатом реабилитации целесообразно использование математической модели с применением технологии машинного обучения, разработанной в рамках данного исследования. При этом необходимо понимать, что получаемые прогнозы имеют целью составить более полное представление о состоянии пациента и не носят директивного характера.

## СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

ВНЧС – височно-нижнечелюстной сустав

ДВНЧС – дисфункция височно-нижнечелюстного сустава

ЗЧС – зубочелюстная система

ИИ – искусственный интеллект

ИКР – интерквартильный размах

КЛКТ – конусно-лучевая компьютерная томография

МРТ – магнитно-резонансная томография

ЧЭНС – чрескожная электронейростимуляция

ML-алгоритм (machine learning-алгоритм) – алгоритм машинного обучения

NRS (Numeric Rating Scale) – числовая рейтинговая шкала

ROC AUC (Receiver Operating Characteristic curve Area Under Curve) –  
площадь под кривой рабочей характеристики приемника

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алдабергенова, Т. К. Оклюзионные шины: роль и значение в комплексной терапии дисфункции височно-нижнечелюстного сустава / Т.К. Алдабергенова, А. Адильбеков, А.Ж. Айтжанова // Polish science journal. - 2020. - № 10 (31). - С. 25.
2. Арушанян, А. Р. Оценка распространенности симптомов мышечно-суставной дисфункции у лиц, обращающихся в стоматологическую поликлинику /А.Р. Арушанян, Е.С. Попко, С.В. Коннов // Бюллетень медицинских интернет-конференций. - 2015. - № 12 (5). - С. 1755–1756.
3. Асиятилов, А. Х. Функциональные нарушения височно-нижнечелюстного сустава при дефектах и деформациях лица / А.Х. Асиятилов, Г.А. Асиятилов // Вестник Дагестанской государственной медицинской академии. - 2018. - № 3 (28). - С. 37–39.
4. Астанов, О. М. Распространенность, факторы риска и патогенетические механизмы дисфункции височно-нижнечелюстного сустава / О.М. Астанов, М.И. Рузиева // Iqro Jurnalі. - 2023. - № 2 (3).- С. 30–36.
5. Ахоу, К.Э.Ф. Нейронные сети в сегментации десны /К.Э.Ф. Ахоу // Международный научный журнал инновационная наука. - 2023. - №7-1. - С. 14–18.
6. Безруков, Д. С. Дисфункция височно-нижнечелюстного сустава / Д.С. Безруков, Е.А. Самаркина, В.П. Цыганов // Инновации. Наука. Образование. - 2022. - № 55. - С. 217–220.
7. Бекреев, В.В. Модифицированный метод артроцентеза ВНЧС с синхронной подачей двумя иглами под ультразвуковым контролем / В.В. Бекреев, М.С.

Саркисян, Г.Г. Казарян // Стоматология для всех. - 2022. - № 3 (100). - С. 27–31.

8. Белоусова, К.С. Этиология дисфункциональных нарушений в височно-нижнечелюстном суставе / К.С. Белоусова, А.А. Зубкова // Международный студенческий научный вестник. - 2020. - № 3. - С. 36.

9. Борисова, Э. Г. Этиология и патогенез заболеваний височно-нижнечелюстного сустава / Э.Г. Борисова, А.П. Дуда, Е.С. Поплавский // Медико-фармацевтический журнал «Пульс». - 2022. - № 1 (24). - С. 25–33.

10. Бызов, Н. А. Потребность и нуждаемость пациентов с деформациями и аномалиями челюстно-лицевой области в междисциплинарном лечении / Н.А. Бызов, Е.В. Песенко, А.М. Дыбов, Д.А. Волчек, И.В. Гуненкова // Материалы XXII съезда ортодонтотв России. - Ортодонтия. - 2022. - № 3 (99). - С. 37–38.

11. Бызов, Н. А. Прогнозирование удовлетворенности пациента результатами междисциплинарного лечения зубочелюстных аномалий на основе технологии машинного обучения / Н.А. Бызов, И.В. Гуненкова, А.М. Дыбов, В.А. Малыгин // Ортодонтия. - 2023. - № 3 (103). - С. 32–38.

12. Бызов, Н. А. Согласованность объективной нуждаемости и субъективной потребности в лечении пациентов с дисфункцией височно-нижнечелюстного сустава / Н.А. Бызов, И.В. Гуненкова, В.Д. Вагнер, А.М. Дыбов // Институт стоматологии. - 2024. - № 2 (103). - С. 33–35.

13. Бызов, Н. А. Применение алгоритма машинного обучения для прогнозирования уровня удовлетворенности результатами лечения пациентов с дисфункцией височно-нижнечелюстного сустава / Н.А. Бызов, И.В. Гуненкова, Д.А. Волчек, А.М. Дыбов, Г.Б. Оспанова // Ортодонтия. - 2024. - № 2 (106). - С. 46–50.

14. Бызов, Н. А. Сравнительный анализ согласованности субъективных и объективных характеристик состояния пациентов в ходе ортодонтонто-хирургической реабилитации / Н.А. Бызов, Е.В. Песенко, И.В. Гуненкова // Материалы XII межвузовской научно-практической конференции молодых ученых с международным участием «Научная весна 2022». - Вестник медицинского института «Реавиз»: реабилитация, врач и здоровье. - 2022. - № 2 (56). - С. 306–310.
15. Галимуллина, В. Р. Распространенность и структура клинических проявлений дисфункции височно-нижнечелюстного сустава / В.Р. Галимуллина, С.Н. Лебедев, А.В. Брагин // Проблемы стоматологии. - 2020. - № 2 (16). - С. 11–16.
16. Гаранина, Л.А. Алгоритмы междисциплинарного взаимодействия в диагностике и лечении патологии ВНЧС при различных степенях тяжести по клинико-рентгенологической классификации WILKS / Л.А. Гаранина // Вестник медицинского института «Реавиз»: реабилитация, врач и здоровье. - 2022. - № 2 (56). - С. 312–314.
17. Гасанова, И.А. Искусственный интеллект в клинической медицине и стоматологии / И.А. Гасанова, В.А. Парийский, А.А. Грибков // Тенденции развития науки и образования. - 2018. - № 38–4. - С. 17–21.
18. Гаффоров, С.А. Междисциплинарный подход к лечению пациентов с синдромом болевой дисфункции височно-нижнечелюстного сустава / С.А. Гаффоров, Г.Э. Идиев, О.М. Остонов // Universum: медицина и фармакология. - 2021. - № 11 (82). - С. 10–18.
19. Горлачева, Т.В. Структура зубочелюстных аномалий и нуждаемость в ортодонтическом лечении лиц с формирующимся и сформированным постоянным прикусом / Т.В. Горлачева // Современная стоматология. - 2021. - № 1 (82). - С. 68–73.

20. Горлачева, Т.В. Частота зубочелюстных аномалий и нуждаемость в ортодонтическом лечении 15-летних детей / Т.В. Горлачева, Т.Н. Терехова // Современная стоматология. - 2020. - № 2 (79). - С. 79–80.
21. Долгалев, А.А. Архитектоника системы искусственного интеллекта и перспективы применения технологий машинного обучения в стоматологии. Обзор литературы / А.А. Долгалев, А.А. Мураев, П.А. Ляхов // Главный врач Юга России. - 2022. - № 5 (86). - С. 2–6.
22. Долгалев, А. А. Определение оптимальной структуры нейронной сети при разработке программ для поддержки принятия решений в дентальной имплантации / А.А. Долгалев // Медицинский алфавит. - 2023. - № 34. - С. 54–64.
23. Доусон, П. Функциональная окклюзия. От височно-нижнечелюстного сустава до планирования улыбки. - П. Доусон, М.: Практическая медицина, 2016. - 588 с.
24. Дробышев, А. Ю. Опыт применения артроскопической хирургии височно-нижнечелюстного сустава у пациентов с псориатическим артритом / А.Ю. Дробышев, И.Д. Заславский, Т.В. Дубинина, А.Н. Кузнецов // Медицина. Социология. Философия. Прикладные исследования. - 2019. - № 2. - С. 12–16.
25. Дробышев, А. Ю. Совершенствование хирургических методов лечения пациентов с внутренними нарушениями ВНЧС / А.Ю. Дробышев, А.А. Митерев, Н.А. Ерошенко // Российская стоматология. - 2021. - № 4 (14). - С. 55–56.
26. Дыбов, А. М. Согласованность в оценке клинической ситуации доктором и пациентом / А.М. Дыбов, Н.А. Бызов, Е.В. Песенко, Г.Б. Оспанова // Материалы XXI ежегодного научного форума «Стоматология 2019». - Стоматология. - 2019. - № 2 (98). - С. 12–13.

27. Дыбов, А. М. Сравнительная оценка субъективного восприятия потребности в ортодонтическом лечении подростками и их родителями / А.М. Дыбов, Н.А. Бызов, Д.А. Волчек, Г.Б. Оспанова // Материалы XXI ежегодного научного форума «Стоматология 2019». - Стоматология. - 2019. - № 2 (98). - С. 12.
28. Дыбов, А. М. Восприятие необходимости ортодонтического лечения подростками и их родителями / А.М. Дыбов, Н.А. Бызов, Д.А. Волчек, Г.Б. Оспанова // Материалы XXI ежегодного научного форума «Стоматология 2019». - Стоматология. - 2019. - № 2 (98). - С. 11–12.
29. Дыбов, А.М. Междисциплинарная реабилитация пациентов с врожденными и приобретенными челюстно-лицевыми деформациями на основе протокола трехмерного компьютерного планирования: дис. ... докт.мед.наук: 14.01.14 / Андрей Михайлович Дыбов. - М., 2021. - 338 с.
30. Ермолин, В.И. Влияние двухкомпонентного эндопротеза височно-нижнечелюстного сустава на контралатеральный мышечковый отросток / В.И. Ермолин, Т.З. Чкадуа, Н.А. Стариков // Стоматология. - 2023. - № 6 (102). - С. 9–15.
31. Иванов, С.Ю. Современные тенденции диагностики и лечения пациентов с дисфункцией ВНЧС / С.Ю. Иванов // Институт стоматологии. - 2022. - № 94 (1). - С. 32–34.
32. Игнатов, П.М. Нейронная сеть для помощи принятия клинических решений при выборе ортопедической конструкции / П.М. Игнатов, А.А. Олейников // Implant dentistry. - 2019. - № 4 (21). - С. 586–592.
33. Ильин, А.А. Применение ботулинического токсина при лечении неуправляемого смещения суставного диска височно-нижнечелюстного сустава / А.А. Ильин, Т.А. Фазылова, В.Н. Олесова // Клиническая стоматология. - 2019. - № 4 (92). - С. 93–96.

34. Каджоян, А. Искусственный интеллект в стоматологии: применение и эффективность / А. Каджоян, М. Есаян, Э. Маргарян // International Independent Scientific Journal. - 2021. - № 28. - С. 27–28.
35. Казарян, Г.Г. Современные подходы для управляемого артроцентеза височно-нижнечелюстного сустава (обзор) / Г.Г. Казарян, В.В. Бекреев, В.Д. Труфанов // Клиническая стоматология. - 2023. - № 2 (26). - С. 164–173.
36. Казарян, Г.Г. Возможности ультразвуковой диагностики и применения искусственной нейронной сети для оценки морфологии и размеров суставного диска височно-нижнечелюстного сустава / Г.Г. Казарян, В.В. Бекреев, С.Ю. Иванов // Клиническая стоматология. - 2024. - № 1 (27). - С. 54–59.
37. Касумова, М.К. Возможности использования искусственного интеллекта в стоматологии / М.К. Касумова, Г.Г. Иванова, Э.П. Тихонов // Институт стоматологии. - 2019. - № 3. - С. 12–17.
38. Керимханов, К. А. Роль функциональной терапии при болевой дисфункции височно-нижнечелюстного сустава: патофизиологические и клинические аспекты / К.А. Керимханов, И.И. Бобынцев, А.К. Иорданишвили // Человек и его здоровье. - 2022. - № 3. - С. 53–59.
39. Колсанов, А.В. Цефалометрический анализ рентгенологических снимков боковой проекции черепа с помощью компонентов мягких вычислений в поиске ключевых точек / А.В. Колсанов, Н.В. Попов, И.О. Аюпова // Стоматология. - 2021. - № 4 (100). - С. 63–67.
40. Комолов, И. С. Магнитно-резонансная томография височно-нижнечелюстных суставов в оценке взаимосвязи между болевым синдромом и внутренними нарушениями с использованием шкалы Wilkes / И. С. Комолов, А. Ю. Васильев, И. А. Смышляев // Кремлевская медицина. Клинический вестник. - 2018. - № 3. - С. 145–149.

41. Косырева, Т.Ф. Диагностика и лечение дисфункций височно-нижнечелюстного сустава с использованием цифровых технологий / Т.Ф. Косырева // Стоматология для всех. - 2020. - № 3. - С. 56–61.
42. Кяров, Ж.С. Применение разработок в области искусственного интеллекта в стоматологической практике / Ж.С. Кяров, С.С. Кишева, Л.Р. Жанимова // Национальное здоровье. - 2021. - № 3. - С. 25–30.
43. Латышева, Н.В. Дисфункция височно-нижнечелюстного сустава и другие причины боли в лице: первая международная классификация и новые подходы к терапии / Н.В. Латышева // Медицинский алфавит. - 2020. - № 35 (4). - С. 40–46.
44. Ляшев, И.Н. Анализ эффективности хирургической коррекции интракапсулярных нарушений височно-нижнечелюстного сустава / И.Н. Ляшев, А.М. Дыбов, П.В. Холмогорова // Клиническая практика. - 2019. - № 2 (10). - С. 6–13.
45. Манфредини, Д. Височно-нижнечелюстные расстройства. Современные концепции диагностики и лечения / Д. Манфредини. - М.: Азбука стоматолога, 2013. - 500 с.
46. Медик, В. А. Математическая статистика в медицине в 2 т. Том 1 2-е изд., пер. и доп. Учебное пособие для бакалавриата, специалитета и магистратуры / В. А. Медик, М. С. Токмачев. - М.: Юрайт, 2018. 472 с.
47. Медик, В. А. Математическая статистика в медицине в 2 т. Том 2 2-е изд., пер. и доп. Учебное пособие для СПО / В. А. Медик, М. С. Токмачев. - М.: Юрайт, 2018. - 348 с.
48. Милутка, Ю. А. Возможности остеопатической коррекции в комплексной терапии дисфункции височно-нижнечелюстного сустава / Ю.А. Милутка, И.Г.

Юшманов, А.Н. Бадмаев // Российский остеопатический журнал. - 2019. - № 1–2. - С. 43–50.

49. Мокренко, М.Е. Обзор рентгенодиагностических on-line сервисов, основанных на искусственных нейронных сетях в стоматологии / М.Е. Мокренко, Н.А. Гусейнов, Н.С. Тутуров // Медицинская визуализация. - 2022. - № 3 (26). - С. 114–122.

50. Морина, А.В. Автоматизированный поиск анатомических ориентиров на двухмерном изображении черепа: сб.тезисов XIV Всероссийская (88-я Итоговая) студенческая научная конференция СНО с международным участием, посвященная 90-летию Клиник СамГМУ "Студенческая наука и медицина XXI века: традиции, инновации и приоритеты" / А.В. Морина, Д.В. Блинова. - Самара, 2020. - С. 182–183.

51. Мураев, А.А. Искусственные нейронные сети в лучевой диагностике, в стоматологии и в челюстно-лицевой хирургии (обзор литературы) / А.А. Мураев, Н.А. Гусейнов, П.А. Цай // Клиническая стоматология. - 2020. - № 3. - С. 72–80.

52. Мырзабеков, Э.М. Современные аспекты этиопатогенеза, диагностики и лечения дисфункции височно-нижнечелюстного сустава (Обзор литературы) / Э.М. Мырзабеков // Вестник Кыргызско-Российского Славянского университета. - 2019. - № 1 (19). - С. 27–32.

53. Нигматов, Р.Н. Пути использования искусственного интеллекта в практической стоматологии / Р.Н. Нигматов, Н.Р. Нигматова, Д.Н. Ханова // Стоматология. - 2024. - № 1. - С. 135–138.

54. Обрубов, А.А. Разработка и анализ эффективности программного обеспечения на основе искусственного интеллекта dentomo в стоматологии: сб. трудов Международной научно-практической конференции в рамках международного стоматологического фестиваля «Площадка безопасности

стоматологического пациента», посвященного 100-летию Московского государственного медико-стоматологического университета им. А.И. Евдокимова "Стоматологическая весна в Белгороде» / А.А. Обрубков, Е.А. Соловых, А.Г. Надточий. - Белгород, 2022. - С. 176-178.

55. Орешака, О.В. Эпидемиология заболеваний височно-нижнечелюстного сустава / О.В. Орешака, Е.А. Дементьева, А.В. Ганисик // Клиническая стоматология. - 2019. - № 4. - С. 97–99.

56. Пальмов, С.В. Использование нейронных сетей в стоматологии / С.В. Пальмов, А.В. Бахмурина // Проблемы развития предприятий: теория и практика. - 2020. - № 1–2. - С. 237–240.

57. Парамонова, М.В. Сравнительная характеристика индексов нуждаемости в ортодонтическом лечении / М.В. Парамонова // Международный студенческий научный вестник. - 2019. - № 5–2. - С. 3.

58. Петриченко, А.А. Психоэмоциональные аспекты личности в комплексном лечении пациентов с синдромом болевой дисфункции ВНЧС / А.А. Петриченко, В.В. Шулаков, А.С. Молчанов // Российская стоматология. - 2022. - № 1 (15). - С. 66–68.

59. Пичугина, Е.Н. Распространенность симптомов синдрома болевой дисфункции височно-нижнечелюстного сустава у пациентов с концевыми дефектами зубных рядов / Е.Н. Пичугина, А.С. Ходорич, Д.Н. Масленников // Синергия Наук. - 2018. - № 28. - С. 532–536.

60. Соловых, Е.А. Искусственный интеллект DENTOMO - возможности и перспективы интерпретации конусно-лучевых компьютерных томограмм в стоматологии / Е.А. Соловых, А.А. Обрубков // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. - 2020. - №11. - С. 656–659.

61. Степанов, В. А. Оценка эффективности «сплинт-терапии» у пациентов с гипертонией жевательных мышц / В.А. Степанов, В.И. Шемонаев, Т.Б. Тимачева, Е.А. Буянов, И.Ю. Пчелин, А.К. Офицерова // Медико-фармацевтический журнал «Пульс». - 2023. - № 1 (25). - С. 66–71.
62. Стожарова, Л.П. Искусственный интеллект в стоматологии на примере программы Diagnocat: сб. тезисов докл. LXXVII Междунар. научно-практической конференции студентов и молодых ученых "Актуальные проблемы современной медицины и фармации - 2023" (Минск, 12 июля 2023 г.) / Л.П. Стожарова. - Минск: БГМУ, 2023. - С. 881.
63. Стрекалова, Е. Л. Анализ эпидемиологических аспектов расстройств ВНЧС на первичном ортопедическом приеме / Е.Л. Стрекалова, Д.И. Джашеева, Л.Н. Халкечева // Институт стоматологии. - 2021. - № 1. - С. 14–15.
64. Субботин, А.Н. Применение машинного обучения в туманных вычислительных средах для панорамных снимков зубов: сб.статей XXIV Международной конференции по мягким вычислениям и измерениям /А.Н. Субботин. - Санкт-Петербург, 2021. - С. 321–324.
65. Тихонов, В.Э. Сплинт-терапия как отдельный подход в рамках комплексного лечения дисфункции височно-нижнечелюстного сустава с точки зрения физиологических понятий / В.Э. Тихонов, А. В. Гуськов, А. А. Олейников, Е. Н // Наука молодых–Eruditio Juvenium. - 2021. - № 3 (9). - С. 447–456.
66. Тутуров, Н.С. Разработка web-интерфейса для автоматизированного цефалометрического анализа прямых и боковых телерентгенограмм: сб. трудов XIV Международной научно-практической конференции "Стоматология славянских государств" / Н.С. Тутуров, Н.Ю. Оборотистов, С.С. Иванов. - Белгород: Издательский дом "Белгород", 2021. - С. 283–284.

67. Ушницкий, И. Д. Клинико-социальные предпосылки дисфункций височно-нижнечелюстного сустава у населения Республики Саха / И.Д. Ушницкий // Дальневосточный медицинский журнал. - 2018. - № 1. - С. 73–76.
68. Фадеев, Р. А. Этиология и патогенез заболеваний височно-нижнечелюстного сустава и жевательных мышц / Р.А. Фадеев, К.А. Овсянников // Вестник Новгородского государственного университета им. Ярослава Мудрого. - 2020. - № 4 (120). - С. 50–59.
69. Цыганок, Р.С. Искусственный интеллект и перспективы его применения в стоматологии: сб. материалов ЛП международной научно-практической конференции «Естественные науки и медицина: теория и практика»/ Р.С. Цыганок. - Новосибирск, 2022. - С. 34–39.
70. Чайка, З. С. Распространенность заболеваний височно-нижнечелюстного сустава среди студентов-стоматологов г. Екатеринбурга / З.С. Чайка, А.Д. Корнева // Актуальные проблемы медицины. - 2023. - № 2 (46). - С. 166–172.
71. Чернобровкина, М. И. Использование нейросетей как инструмента для прогнозирования врожденной расщелины лица и внедрение разработанной модели в образовательный процесс для студентов медицинских вузов стоматологического факультета /М.И. Чернобровкина // Управление образованием: теория и практика. - 2021. - № 6 (46). - С. 190–194.
72. Шаров, А.М. Эпидемиология заболевания височно-нижнечелюстного сустава / А.М. Шаров, О.В. Орешака // Thescientist журнал. - 2020. - № 4. - С. 3–5.
73. Юнусова, У.А. Новые взгляды на диагностику и клинику дисфункции височно-нижнечелюстного сустава / У.А. Юнусова // Barqarorlik va yetakchi tadqiqotlar onlayn ilmiy jurnali. - 2022. - С. 869–876.

74. Юркевич, Р. И. Обеспечение подвижности суставного диска височно-нижнечелюстного сустава после проведения лечебно-диагностической артроскопии / Р.И. Юркевич, В.В. Бекреев, С.Ю. Иванов, Т.А. Груздева, Т.В. Быковская, Б.Г. Гарамян // Head and Neck. Голова и шея. Российское издание. Журнал Общероссийской общественной организации Федерация специалистов по лечению заболеваний головы и шеи. - 2018. - № 1. - С. 7–13.
75. Abdalla-Aslan, R. An artificial intelligence system using machine-learning for automatic detection and classification of dental restorations in panoramic radiography / R.Abdalla-Aslan // Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology. - 2020. - № 5 (130). - P. 593–602.
76. Ahmed, N. Artificial Intelligence Techniques: Analysis, Application, and Outcome in Dentistry—A Systematic Review / N. Ahmed, M. S. Abbasi, F. Zuberi // BioMed Research International. - 2021.- Vol. 2021.
77. Al-Moraissi, E.A. Effectiveness of occlusal splint therapy in the management of temporomandibular disorders: network meta-analysis of randomized controlled trials / E.A. Al-Moraissi, R. Farea, K.A. Qasem // International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery. - 2020. - № 8 (49). - P. 1042–1056.
78. Alqhtani, N.R. Temporomandibular Joint Space Dimensions among Saudi Patients with Temporomandibular Disorders: MRI-Based Retrospective Study / N.R. Alqhtani, M.S. Alkhaldi, A.F Alanaz // International Journal of Clinical Practice. - 2022. -Vol. 2022.
79. Aminoshariae, A. Artificial Intelligence in Endodontics: Current Applications and Future Directions / A. Aminoshariae, J. Kulild, V. Nagendrababu // Journal of Endodontics. - 2021. - № 9 (47). - P. 1352–1357.
80. Andre, A. Pharmacologic Treatment for Temporomandibular and Temporomandibular Joint Disorders / A. Andre, J. Kang, H. Dym // Oral and Maxillofacial Surgery Clinics of North America. - 2022. - № 1 (34). - P. 49–59.

81. Arab, K. Internal derangement of temporomandibular joint: Umbrella perforated screw technique / K.Arab, F. A. Alfaqeeh, M. A. Danino // *Journal of Family Medicine and Primary Care*. - 2021. - № 2 (10). - P. 652–656.
82. Asiri, S.N. Applications of artificial intelligence and machine learning in orthodontics / S.N. Asiri, L.P. Tadlock, E. Schneiderman // *APOS Trends in Orthodontics*. - 2020. - Vol. 10. - P. 17–24.
83. Atsü, S.S. Oral parafunctions, personality traits, anxiety and their association with signs and symptoms of temporomandibular disorders in the adolescents / S.S. Atsü, A.C. Bulut, S. Güner // *African Health Sciences*. - 2019. - № 1 (19). - P. 1801–1810.
84. Bianchi, J. Osteoarthritis of the Temporomandibular Joint can be diagnosed earlier using biomarkers and machine learning / J. Bianchi, A.D.O. Ruellas, J. Gonçalves // *Scientific Reports*. - 2020. - Vol. 10. - P. 8012.
85. Bousché, G. Predictors of patients' satisfaction after temporomandibular disorder treatment in a referral clinic / G. Bousché, M.Koutris, N. Su // *Journal of Oral Rehabilitation*. - 2024. - № 2 (51). - P. 266–277.
86. Carapinha, I.H.A. Sociodemographic Profile: A Forgotten Factor in Temporomandibular Disorders? A Scoping Review / I.H.A.Carapinha, G.T. Canales, M.B. Câmara-Souza// *Journal of Pain Research*. - 2024. - Vol. 17. - P. 393–414.
87. Cha, J.-Y. Peri-Implant Bone Loss Measurement Using a Region-Based Convolutional Neural Network on Dental Periapical Radiographs / J.-Y.Cha, H.-I.Yoon, I.-S.Yeo // *Journal of Clinical Medicine*. - 2021. - № 5 (10). - P. 1009.
88. Christidis, N. Prevalence and treatment strategies regarding temporomandibular disorders in children and adolescents—A systematic review / N. /Christidis,

Lindström E. Ndanshau, A. Sandberg / Journal of Oral Rehabilitation. - 2019. - № 3 (46). - P. 291–301.

89. Chung, J. Physical, psychological and socio-demographic predictors related to patients' self-belief of their temporomandibular disorders' aetiology / J.F. Chung, Lobbezoo, M.K.A. van Selms, // Journal of Oral Rehabilitation. - 2021. - № 2 (48). - P. 109–123.

90. Dinsdale, A. «What if it doesn't unlock?»: A qualitative study into the lived experiences of adults with persistent intra-articular temporomandibular disorders / A. Dinsdale, R. Forbes, L. Thomas // Musculoskeletal Science & Practice. - 2021. - Vol. 54.

91. England, J. R. Artificial Intelligence for Medical Image Analysis: A Guide for Authors and Reviewers / J. R. England, P. M. Cheng // AJR. American journal of roentgenology. - 2019. - № 3 (212). - P. 513–519.

92. Fernández-de-Las-Peñas, C. Clinical Reasoning for the Examination and Physical Therapy Treatment of Temporomandibular Disorders (TMD): A Narrative Literature Review / C. Fernández-de-Las-Peñas, H. Von Piekartz // Journal of Clinical Medicine. - 2020. - № 11 (9). - P. 3686.

93. Fjellman-Wiklund, A. Patients' perceived treatment need owing to temporomandibular disorders and perceptions of related treatment in dentistry-A mixed-method study / A. Fjellman-Wiklund // Journal of Oral Rehabilitation. - 2019. - № 9 (46). - P. 792–799.

94. Geetha, V. Dental caries diagnosis in digital radiographs using back-propagation neural network / V. Geetha, K. S. Aprameya, D. M. Hinduja // Health Information Science and Systems. - 2020. - № 1 (8). - P. 8.

95. Gianfrancesco, M.A. Potential biases in machine learning algorithms using electronic health record data / M.A. Gianfrancesco, S. Tamang, J. Yazdany // *JAMA internal medicine*. - 2018. - № 11 (178). - P. 1544–1547.
96. Golanska, P. Temporomandibular myofascial pain syndrome—aetiology and biopsychosocial modulation. A narrative review / P. Golanska, K. Saczuk, M. Domarecka // *International journal of environmental research and public health*. - 2021. - № 15 (18). - P. 7807.
97. Grischke, J. Dentronics: Towards robotics and artificial intelligence in dentistry / J. Grischke, L. Johannsmeier, L. Eich // *Dental Materials: Official Publication of the Academy of Dental Materials*. - 2020. - № 6 (36). - P. 765–778.
98. Hazaveh, M. Patient experience of living with orofacial pain: an interpretive phenomenological study / M. Hazaveh, R. Hovey // *JDR clinical and translational research*. - 2018. - № 3 (3). - P. 264–271.
99. Hegab, A. F. Classification of temporomandibular joint internal derangement based on magnetic resonance imaging and clinical findings of 435 patients contributing to a nonsurgical treatment protocol / AF Hegab, HI Al Hameed, KS Karam // *Scientific reports*. - 2021. - № 1 (11). - P. 20917.
100. Heller, G.Z. How to analyze the Visual Analogue Scale: Myths, truths and clinical relevance / G. Z. Heller, M. Manuguerra, R. Chow // *Scandinavian Journal of Pain*. - 2016. - № 1 (13). - P. 67–75.
101. Ilgunas, A. «I was cracking more than everyone else»: young adults' daily life experiences of hypermobility and jaw disorders / A. Ilgunas, A. Wänman, M. Strömbäck // *European Journal of Oral Sciences*. - 2020. - № 1 (128). - P. 74–80.
102. Iodice, G. Prevalence of temporomandibular disorder pain, jaw noises and oral behaviours in an adult Italian population sample / G. Iodice, R. Cimino, S. Vollaro // *Journal of Oral Rehabilitation*. - 2019. - № 8 (46). - P. 691–698.

103. Kandasamy, S. The evolution of temporomandibular disorders: A shift from experience to evidence / S. Kandasamy, C. S. Greene // *Journal of Oral Pathology & Medicine*. - 2020. - № 6 (49). - P. 461–469.
104. Kapos, F.P. Temporomandibular disorders: a review of current concepts in aetiology, diagnosis and management / F.P. Kapos, F.G. Exposto, J.F.Oyarzo // *Oral surgery*. - 2020. - № 4 (13). - P. 321–334.
105. Khalife, J. Exploring patient perspectives: A qualitative inquiry into healthcare perceptions, experiences and satisfaction in Lebanon / J. Khalife, B. Ekman, W. Ammar // *PLOS ONE*. - 2023. - № 8 (18).
106. Kök, H. Determination of growth and development periods in orthodontics with artificial neural network / H. Kök, M. S. Izgi, A. M. Acilar // *Orthodontics & Craniofacial Research*. - 2021. - Vol. 24, № 2. - P. 76–83.
107. Krois, J. Deep Learning for the Radiographic Detection of Periodontal Bone Loss / J. Krois, T.Ekert, L. Meinhold // *Scientific Reports*. - 2019. - Vol. 9. - P. 84-95.
108. Lee, H.J. Prevalence of unrecognized depression in patients with chronic pain without a history of psychiatric diseases / H.J. Lee, E.J. Choi, F.S. Nahm // *The Korean Journal of Pain*. - 2018. - № 2 (31). - P. 116–124.
109. Leite-Panissi, C.R.A. Influence of TRPV1 on Thermal Nociception in Rats with Temporomandibular Joint Persistent Inflammation Evaluated by the Operant Orofacial Pain Assessment Device (OPAD) / C.R.A. Leite-Panissi, J.K. Neubert, B.B.D. Paula // *Journal of Pain Research*. - 2023. (16). - P. 2047–2062.
110. Li, P. Orthodontic Treatment Planning based on Artificial Neural Networks / P. Li, D. Kong, T. Tang // *Scientific Reports*. - 2019. - Vol. 9. - P. 2037.

111. Liu, F. Epidemiology, Diagnosis, and Treatment of Temporomandibular Disorders / F. Liu, A. Steinkeler // *Dental Clinics of North America*. - 2013. - № 3 (57). - P. 465–479.
112. Liu, Z. Differential diagnosis of ameloblastoma and odontogenic keratocyst by machine learning of panoramic radiographs / Z. Liu, J. Liu, Z. Zhou // *International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery*. - 2021. - № 3 (16). - P. 415–422.
113. Machoy, M. E. The ways of using machine learning in dentistry / M. E. Machoy, L. Szyszka-Sommerfeld // *Advances in clinical and experimental medicine: Official organ wroclaw medical university*. - 2020. - № 3 (29). - P. 375–384.
114. Macrì, M. Prevalence of temporomandibular disorders and its association with malocclusion in children: A transversal study / M. Macrì, G. Murmura, A. Scarano // *Frontiers in Public Health*. - 2022. - Vol. 10.
115. Maddox, T.M. Questions for Artificial Intelligence in Health Care / T.M. Maddox, J. S. Rumsfeld, P.R.O.Payne // *JAMA*. - 2019. - № 1 (321). - P. 31–32.
116. Mamedov, A. A. Assessing the Levels of Demands and Needs for Comprehensive Rehabilitation of Patients with Congenital and Acquired Maxillofacial Deformities / A.A. Mamedov, A. M. Dybov, N.S. Morozova, V.V. Kharke, N.A. Byzov // *Systematic Reviews in Pharmacy*. - 2020. - № 6 (11). - P. 50–57.
117. Marzban, S. Impact of Patient Engagement on Healthcare Quality: A Scoping Review / S.Marzban, M. Najafi, A. Agolli // *Journal of Patient Experience*. - 2022. - Vol. 9.

118. Mills, S.E.E. Chronic pain: a review of its epidemiology and associated factors in population-based studies / S. E. E. Mills, K. P. Nicolson, B. H. Smith // *British Journal of Anaesthesia*. - 2019. - № 2 (123). - P. 273–283.
119. Miloro, M. Peterson's Principles of Oral and Maxillofacial Surgery / M. Miloro, G. E. Ghali, P. E. Larsen. - Springer Nature, 2022. - 2303 p.
120. Minervini, G. Prevalence of temporomandibular disorders in children and adolescents evaluated with Diagnostic Criteria for Temporomandibular Disorders: A systematic review with meta-analysis / G. Minervini, R. Franco, M. Marrapodi // *Journal of Oral Rehabilitation*. - 2023. - № 6 (50). - P. 522–530.
121. Mori, N. Job demands and temporomandibular disorders: mediating and moderating effects of psychological distress and recovery experiences / N. Mori, D. Miyanaka, M. Tokita // *Journal of Occupational Health*. - 2023. - № 1 (66).
122. Muraev, A.A. Frontal cephalometric landmarking: humans vs artificial neural networks / A.A. Muraev, P. Tsai, I. Kibardin // *International Journal of Computerized Dentistry*. - 2020. - № 2 (23). - P. 139–148.
123. Noyes, J. Applying GRADE-CERQual to qualitative evidence synthesis findings-paper 6: how to assess relevance of the data / J. Noyes, A. Booth, S. Lewin // *Implementation science: IS*. - 2018. - № 1 (13). - P. 4.
124. Okeson, P. J. Management of Temporomandibular Disorders and Occlusion: 8th edition / P. J. Okeson. - Mosby, 2019. - 512 p.
125. Orhan, K. Evaluation of artificial intelligence for detecting periapical pathosis on cone-beam computed tomography scans / K. Orhan, I.S. Bayrakdar, M. Ezhov // *International Endodontic Journal*. - 2020. - № 5 (53). - P. 680–689.
126. Ossowska, A. Artificial Intelligence in Dentistry—Narrative Review / A. Ossowska, A. Kusiak, D. Świetlik // *International Journal of Environmental Research and Public Health*. - 2022. - № 6 (19). - P. 3449.

127. Park, W. J. History and application of artificial neural networks in dentistry / W. J. Park, J.-B. Park // *European Journal of Dentistry*. - 2018. - № 4 (12). - P. 594–601.
128. Patcas, R. Applying artificial intelligence to assess the impact of orthognathic treatment on facial attractiveness and estimated age / R. Patcas // *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. - 2019. - № 1 (48). - P. 77–83.
129. Perrotta, S. Prevalence of malocclusion, oral parafunctions and temporomandibular disorder-pain in Italian schoolchildren: An epidemiological study / S. Perrotta, R. Bucci, V. Simeon // *Journal of Oral Rehabilitation*. - 2019. - № 7 (46). - P. 611–616.
130. Pinto, A.S. Does the Duration of Fixed Orthodontic Treatment Affect Caries Activity among Adolescents and Young Adults? / A.S. Pinto, L.S. Alves, M. Maltz // *Caries Research*. - 2018. - № 6 (52). - P. 463–467.
131. Porto, F. Knowledge and beliefs regarding temporomandibular disorders among orthodontists / F. Porto, R. Harrell, R. Fulcher // *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. - 2019. - № 4 (156). - P. 475–484.
132. Proffit, W. R. *Contemporary Orthodontics: 6th edition* / W. R. Proffit, H. W. Fields, B. E. Larson. - Philadelphia, IL: Mosby, 2018. - 744 p.
133. Qabool, H. Assessment of cooperation and compliance in adult patients at three stages of orthodontic treatment at a tertiary care hospital: A cross-sectional study / H. Qabool, R. H. Sukhia, M. Fida // *International orthodontics*. - 2020. - № 4 (18). - P. 794–800.
134. Quinn, P.D. *Atlas of Temporomandibular Joint Surgery* / P. D. Quinn, E. J. Granquist. - John Wiley & Sons, 2015. - 266 c.
135. Rajkomar, A. Machine learning in medicine / A. Rajkomar, J. Dean, I. Kohane // *New England Journal of Medicine*. - 2019. - № 14 (380). - P. 1347–1358.

136. Ramachandran, A. Effect of deprogramming splint and occlusal equilibration on condylar position of TMD patients - A CBCT assessment / A. Ramachandran, R. Jose, A. Tunkiwalla // *Cranio: The Journal of Craniomandibular Practice*. - 2021. - № 4 (39). - P. 294–302.
137. Rauch, A. Prevalence of temporomandibular disorders and bruxism in seniors / A. Rauch, I. Nitschke, S. Hahnel // *Journal of Oral Rehabilitation*. - 2023. - № 7 (50). - P. 531–536.
138. Rocabado, M. Rocabado pain map for evaluating TMD [Электронный ресурс] / Rocabado M. - URL: <http://www.treatingtmj.com/cms/tmjcontent/uploads/Rocabado-Pain-Map-for-Evaluating-TMD.pdf>. (дата обращения: 26.05.2020).
139. Rodrigues, A.L.P. Patient experience and satisfaction with different temporomandibular joint treatments: A retrospective study / A.L.P. Rodrigues, H.J. Cardoso, D.F. Ângelo // *Journal of Cranio-Maxillo-Facial Surgery: Official Publication of the European Association for Cranio-Maxillo-Facial Surgery*. - 2023. - № 1 (51). - P. 44–51.
140. Rosten, A. Body dysmorphic disorder: a guide to identification and management for the orthodontic team / A. Rosten, S. Cunningham, J. T. Newton // *Journal of Orthodontics*. - 2018. - № 3 (45). - P. 163–168.
141. Sarul, M. Self-perception of smile attractiveness as a reliable predictor of increased patient compliance with an orthodontist / M. Sarul, J. Antoszewska-Smith, H.-S. Park // *Advances in clinical and experimental medicine: official organ Wroclaw Medical University*. - 2019. - № 12 (28). - P. 1633–1638.
142. Sayers, M.S. How do you identify the patient with «high expectations» of orthodontic treatment: An empirical approach / S M. Sayers, C S. Junningham, J. T. Newton // *Journal of orthodontics*. - 2020. - № 4 (47). - P. 289–293.

143. Schwendicke, F. Convolutional neural networks for dental image diagnostics: A scoping review / F. Schwendicke, T. Golla, M. Dreher // *Journal of Dentistry*. - 2019. - Vol. 91.
144. Schwendicke, F. Artificial Intelligence in Dentistry: Chances and Challenges / F. Schwendicke, W. Samek, J. Krois // *Journal of Dental Research*. - 2020. - № 7 (99). - P. 769–774.
145. Setzer, F.C. Artificial Intelligence for the Computer-aided Detection of Periapical Lesions in Cone-beam Computed Tomographic Images / F.C. Setzer, K.J. Shi, Z.Zhang // *Journal of Endodontics*. - 2020. - № 7 (46). - P. 987–993.
146. Sharma, A. Various concepts of occlusion in full mouth rehabilitation: A review / A. Sharma, I. Sharma // *Int J Appli Dent Sci*. - 2020. - № 3 (6). - P. 560–564.
147. Skármeta, N.P. Changes in understanding of painful temporomandibular disorders: The history of a transformation / N.P. Skármeta, M.C. Pesce, J. Saldivia // *Quintessence International*. - 2019. – Vol.50, №8. – P. 662-669.
148. Smolka, W. Efficiency of arthroscopic lysis and lavage for internal derangement of the temporomandibular joint correlated with Wilkes classification / W. Smolka, C. Yanai, K. Smolka, T. Iizuka // *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. - 2008. - № 3 (106). - C. 317–323.
149. Sri, T.S. Knowledge, attitude, and awareness toward orthodontic treatment among patients: A questionnaire survey / T.S. Sri, N. Balakrishnan, S. Sreenivasagan // *Journal of Advanced Pharmaceutical Technology & Research*. - 2022. - № 2 (13). - P. 578–583.
150. Sukegawa, S. Multi-Task Deep Learning Model for Classification of Dental Implant Brand and Treatment Stage Using Dental Panoramic Radiograph Images / S. Sukegawa, K. Yoshii, T. Hara // *Biomolecules*. - 2021. - № 6 (11). - P. 815.

151. Taibah, S.M. Agreement and association between normative and subjective orthodontic treatment need using the Index of Orthodontic Treatment Need / S.M.Taibah, F.M.Al-Hummayani // *Journal of Orthodontic Science*. 2019. - Vol. 8, № 1.
152. Taimeh, D. A meta-synthesis of qualitative data exploring the experience of living with temporomandibular disorders: The patients' voice / D.Taimeh, R. Leeson, S. Fedele // *Oral Surgery*. - 2023. - № 1 (16). - P. 152–168.
153. Taqi, M. Dental practitioners' knowledge, management practices, and attitudes toward collaboration in the treatment of temporomandibular joint disorders: a mixed-methods study / M. Taqi, S.J.A. Zaidi, B. Zia // *BMC Primary Care*. - 2024. - Vol.25. - P. 137.
154. Toh, A. Q. J. Mandibular asymmetry as a possible etiopathologic factor in temporomandibular disorder: a prospective cohort of 134 patients / A. Q. J. Toh, J. L. H. Chan, Y. Y. Leung // *Clinical Oral Investigations*. - 2021. - № 7 (25). - P. 4445–4450.
155. Vadzyuk, S. Prediction of the development of periodontal disease / S. Vadzyuk, Y. Boliuk, M. Luchynskyi // *Proceeding of the Shevchenko Scientific Society. Medical Sciences*. - 2021. - № 2 (65).- P. 107-117.
156. Valesan, L. F. Prevalence of temporomandibular joint disorders: a systematic review and meta-analysis / L. F. Valesan, A. C. S. Denardin, J. C. Réus // *Clinical Oral Investigations*. - 2021. - № 2 (25). - P. 441–453.
157. Wadhokar, O. C. Current Trends in the management of temporomandibular joint dysfunction: A review / O. C. Wadhokar, D. S. Patil // *Cureus*. - 2022. - № 9 (14). - P. 29314.
158. Yadav, S. Temporomandibular Joint Disorders in Older Adults / S. Yadav, Y. Yang, E. H. Dutra // *Journal of the American Geriatrics Society*. - 2018. - № 6 (66). - P. 1213–1217.

159. Yap, A.U. Stress and emotional distress: their associations with somatic and temporomandibular disorder-related symptoms / A. U. Yap, R.Sultana, V. P. Natu // *Psychology, Health & Medicine*. -2022. - № 4 (27). - P. 876–887.
160. Zajacova, A. The Relationship between Education and Pain among Adults Aged 30–49 in the United States / A.Zajacova, R.G. Rogers, E. Grodsky // *The journal of pain : official journal of the American Pain Society*. - 2020. - № 11–12 (21). - P. 1270.
161. Zakirov, A. Dental pathology detection in 3D cone-beam CT / A.Zakirov, M. Ezhov, M. Gusarev // *arXiv:1810.10309 [cs]*. - 2018.
162. Zieliński, G. Surface Electromyography in Dentistry—Past, Present and Future / G. Zieliński, P. Gawda // *Journal of Clinical Medicine*. - 2024. - № 5 (13).

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

**Таблица А1. Формы опроса для качественной характеристики субъективного восприятия пациента своего состояния, а также сбора анамнеза**

Пациент (ФИО): \_\_\_\_\_  
 Дата рождения: \_\_\_\_\_ № медицинской карты: \_\_\_\_\_  
 Жалобы: \_\_\_\_\_

Дискомфорт или боль		Да/Нет*		Зубы		Да/Нет*		Лицо		Да/Нет*			
Отмечаете ли Вы где либо дискомфорт или боль?				Хотели бы вы изменить цвет ваших зубов?				Хотели бы Вы изменить форму Вашего лица?					
				Хотели бы Вы изменить форму Ваших зубов?				Изменить форму ушей?					
				Хотели бы Вы изменить положение Ваших зубов?				Изменить форму носа?					
в области ушей		Справа	Слева	Хотели бы Вы изменить положение Ваших зубов?				изменить форму верхней губы		Увеличить	Уменьшить		
				выпрямить передние зубы		Верхние	Нижние	сместить верхнюю губу		Вперед	Назад		
в области висков		Справа	Слева	выпрямить боковые зубы		Верхние	Нижние	сместить нижнюю губу		Вперед	Назад		
				переместить верхние зубы		Вперед	Назад	обнажение верхних зубов в покое		Увеличить	Уменьшить		
в области глаз		Справа	Слева	переместить нижние зубы		Вперед	Назад	обнажение верхних зубов при улыбке		Увеличить	Уменьшить		
				сместить центральную верхних резцов		Вправо	Влево	обнажение десен при улыбке		Увеличить	Уменьшить		
в области пазух		Справа	Слева	сместить центральную нижних резцов		Вправо	Влево	размыкание губ в покое		Создать/Увеличить	Устранить/Уменьшить		
				Другое				сместить подбородок		Вперед	Назад	Вправо	Влево
в жевательных мышцах		Справа	Слева					Изменить высоту нижней трети лица		Увеличить	Уменьшить		
в зубах		Справа	Слева					Другое					
Другое													

\*Жирным шрифтом выделены ответы и/или детализация жалобы. Незаполненное поле интерпретируется как отсутствие жалобы.

Травмы и предыдущие вмешательства	Да/Нет	Пояснение
Аллергические реакции?		
Онкологические заболевания?		
Хронические заболевания?		
Принимаете ли какие-либо лекарственные препараты?		
Проводились ли Вам операции в области лица?		
Были ли у Вас травмы ЧЛО?		
Были ли у Вас травмы или операции в области носа?		
Проводилась ли Вам интубация?		
Проходили ли Вы ранее ортодонтическое лечение?		
Проходили ли Вы ранее консультации стоматоневролога и/или психолога?		
Проводилось ли Вам лечение с использованием капп?		
Когда Вам проводилось последнее стоматологическое лечение и что было выполнено?		
Насколько серьезным вы считаете Ваше состояние?		/10

Даю согласие на обследование. С моих слов записано верно. Данные обследования подтверждаю.

Дата: \_\_\_\_\_ Подпись пациента (законного представителя пациента): \_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_

Таблица А2. Объединенная форма фиксации модифицированного индекса Славичека и модифицированного индекса Хелкимо

Окклюзионный индекс Славичека

ВНЧС субъективно	Баллы (0-3)
Есть ли у Вас проблемы при пережевывании пищи?	
Отмечаете ли Вы проблемы с дикцией?	
Пытаетесь ли Вы найти наиболее комфортное положение нижней челюсти?	
Есть ли у Вас выраженная чувствительность в области каких либо зубов?	
Ощущаете ли Вы усталость мышц в области нижней челюсти?	
Испытываете ли затруднения при открывании рта?	
Чувствуете ли вы блокировку нижней челюсти при открывании рта?	
Испытываете ли боль в области сустава или мышц нижней челюсти?	
Испытываете ли боль при движении нижней челюсти?	
Бывают ли у Вас спонтанные вывихи нижней челюсти?	
Есть ли у Вас проблемы с осанкой?	
Отмечаете ли Вы посторонние звуки при движениях нижней челюсти?	
Часли Вас мучают головные боли, боли в области шеи или спины?	
Скрипите ли Вы зубами или стискиваете их по ночам или днем?	
Бывает ли что Вы храпите по ночам?	
Часто ли Вы просыпаетесь по ночам?	
<b>Итог</b>	

Модифицированный индекс Хелкимо

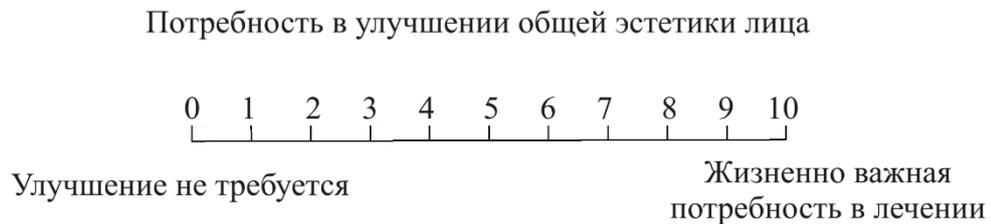
Критерий	Характеристика	Комментарий	Балл
Симметрия лица			
Амплитуда вертикальных движений нижней челюсти			
Амплитуда боковых движений нижней челюсти			
Протрузия нижней челюсти			
Симметричность движений нижней челюсти при открывании рта			
Боль в височно-нижнечелюстном суставе при движениях нижней челюсти			
Боль в жевательных мышцах при движениях нижней челюсти			
Пальпация височно-нижнечелюстного сустава			
Пальпация жевательных мышц			
Определение суставного шума при движениях нижней челюсти			
<b>ИТОГО</b>			

Даю согласие на обследование. С моих слов записано верно. Данные обследования подтверждаю.

Дата: \_\_\_\_\_

Подпись пациента (законного представителя пациента): \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

Рисунок А1. Форма фиксации субъективной потребности в изменении эстетики лица и функционального состояния ЗЧС посредством числовых рейтинговых шкал NRS



Даю согласие на обследование. С моих слов записано верно. Данные обследования подтверждаю.

Дата: \_\_\_\_\_

Подпись пациента (законного представителя пациента): \_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_

Рисунок А2. QR-код для перехода на web-форму заполнения данных пациента с заболеванием ВЧС с целью прогнозирования уровня его удовлетворенности предстоящим лечением

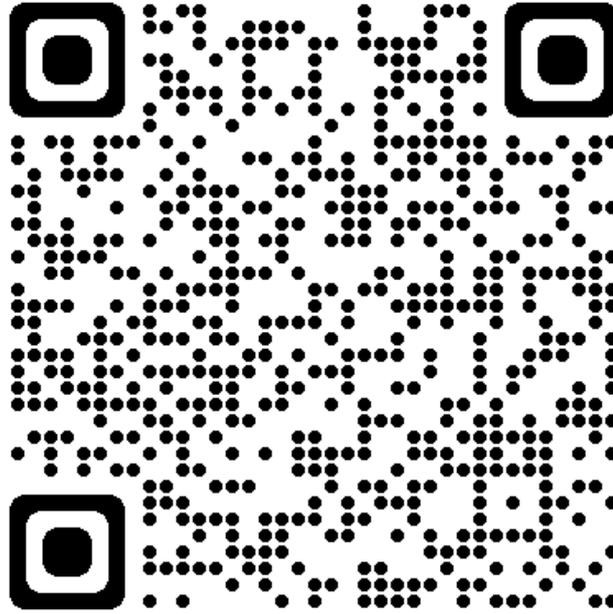
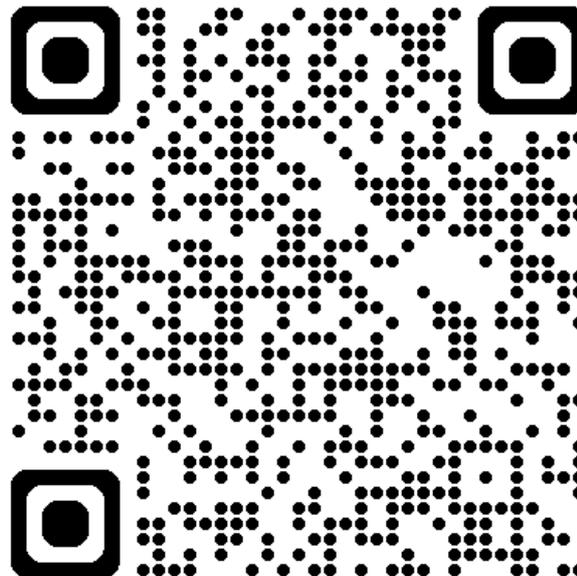


Рисунок А3. QR-код для перехода на открытый исходный код, опубликованный в сети Интернет



## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Таблица Б1. Первичные данные общей выборки пациентов

ID	Возраст	Пол	Wilkes	Хирургия	IOTN	ICON	Славичек до	Славичек после	Хелкимо до	Хелкимо после	NRS эстетика до	NRS эстетика после	NRS функция до	NRS функция после
1	37	0	4	0	2	0	16	14	16	8	2	1	9	2
2	29	0	4	0	4	8	10	10	23	12	4	4	8	3
3	33	0	3	0	4	16	12	4	10	5	6	4	8	1
4	29	0	1	0	1	0	17	8	19	6	0	0	6	1
5	37	0	4	0	1	3	26	8	42	11	2	4	9	2
6	30	0	3	0	4	16	14	6	7	1	0	0	5	0
7	49	0	3	0	3	18	26	9	22	7	0	0	7	2
8	37	0	3	0	2	2	31	7	22	13	2	5	10	3
9	25	0	3	0	1	0	14	3	22	10	1	2	10	2
10	38	0	2	0	5	10	16	2	13	6	2	3	6	0
11	25	0	2	0	1	0	25	5	28	10	0	0	8	1
12	34	0	1	0	6	17	12	5	8	8	4	3	5	3
13	26	0	3	0	1	0	16	5	16	6	0	1	5	2

14	27	0	4	0	1	0	18	10	21	7	2	3	7	2
15	50	0	2	0	7	11	9	8	6	7	0	3	7	1
16	37	0	3	0	2	3	17	2	15	8	7	10	6	3
17	38	0	4	0	1	0	25	14	30	11	4	6	10	2
18	29	0	2	0	4	8	24	9	21	5	0	4	10	1
19	32	0	2	0	3	3	12	5	28	12	4	2	6	2
20	36	0	2	0	1	0	12	11	6	5	7	7	4	0
21	66	0	4	0	1	0	15	7	21	11	0	0	8	1
22	37	0	3	0	1	0	25	15	24	4	0	3	9	0
23	28	1	3	0	8	12	14	6	11	4	6	8	5	1
24	50	0	4	0	6	13	18	7	15	1	0	0	10	1
25	28	0	1	0	2	0	10	2	20	5	2	4	6	0
26	33	1	4	0	2	0	23	9	34	11	0	1	10	5
27	41	0	1	0	5	8	14	4	15	6	0	2	9	2
28	58	0	4	0	10	26	17	4	21	9	3	3	8	4
29	46	0	2	0	3	13	15	0	9	1	5	5	8	0
30	43	0	2	0	4	11	21	1	19	9	0	4	7	3
31	40	0	3	0	2	0	21	11	15	10	0	0	9	1
32	30	1	1	0	5	13	3	1	3	0	0	0	3	0
33	29	0	3	0	0	0	9	2	19	6	0	0	7	1
34	36	0	3	0	5	17	19	5	17	2	0	0	10	1

35	37	0	3	0	6	16	12	6	19	7	4	6	6	2
36	42	0	2	0	2	0	21	1	20	8	3	4	8	1
37	21	0	2	0	2	6	15	5	15	6	5	4	7	2
38	38	0	1	0	2	0	14	7	8	5	6	5	6	2
39	27	0	4	0	1	3	18	7	15	7	0	0	5	1
40	30	1	2	0	1	0	38	13	22	11	0	0	8	2
41	45	0	4	0	6	15	16	4	7	5	0	0	7	0
42	30	0	1	0	3	13	12	4	14	5	0	3	6	1
43	41	0	3	0	2	12	16	8	11	7	3	5	8	3
44	44	0	2	0	4	3	18	6	17	11	0	2	5	2
45	26	1	1	0	3	8	3	0	2	0	0	0	1	0
46	28	0	2	0	2	3	23	10	14	11	6	8	6	2
47	48	0	2	1	2	8	11	0	7	0	8	0	8	0
48	35	0	3	0	3	8	22	13	16	11	5	7	6	1
49	30	0	1	0	7	0	21	18	4	1	7	9	8	5
50	38	0	4	1	8	6	33	25	23	15	6	8	10	7
51	65	0	5	0	5	6	19	9	33	11	5	7	9	5
52	36	0	2	0	1	0	10	4	29	6	0	0	8	2
53	29	0	1	0	3	4	19	14	9	1	0	2	3	5
54	36	0	4	0	5	13	24	10	32	3	1	0	10	0
55	22	1	2	0	7	11	19	11	26	13	2	3	7	3

Таблица Б2. Сравнения значений параметров до и после проведения лечения пациентов с болезнями височно-нижнечелюстного сустава в исследуемых группах

Период	Показатель	I группа (N=26)	II группа (N=29)	Уровень P
	Возраст, лет	34,04 ± 8,01	38,14 ± 10,68	0,2304
	IOTN	3,31 ± 1,95 3,00 (2,00–4,75)	3,34 ± 2,57 2,00 (1,00–5,00)	0,7004
	ICON	5,77 ± 5,40 5,00 (0,00–10,75)	7,34 ± 7,50 6,00 (0,00–13,00)	0,5346
До	Славичек	15,92 ± 7,30 15,00 (12,00–20,50)	18,83 ± 5,92 18,00 (15,00–23,00)	0,0803
После	Славичек	5,92 ± 4,78 5,00 (2,00–8,75)	8,28 ± 4,77 7,00 (5,00–10,00)	0,0550
До	Хелкимо	14,69 ± 8,15 14,50 (8,00–20,00)	19,97 ± 8,24 19,00 (15,00–23,00)	0,0212
После	Хелкимо	6,08 ± 3,91 6,00 (5,00–8,75)	7,69 ± 3,65 7,00 (5,00–11,00)	0,1271
До	NRS Эстетика	2,35 ± 2,78 1,00 (0,00–4,75)	2,17 ± 2,35 2,00 (0,00–4,00)	0,9717
После	NRS Эстетика	2,96 ± 2,51 3,00 (0,50–4,00)	3,03 ± 3,06 3,00 (0,00–5,00)	0,9452
До	NRS Функция	6,38 ± 2,02 6,50 (6,00–8,00)	7,97 ± 1,78 8,00 (7,00–10,00)	0,0061
После	NRS Функция	1,58 ± 1,42 1,50 (0,25–2,00)	2,00 ± 1,65 2,00 (1,00–3,00)	0,3580