

УДК 531/534:[57+61]

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЗУБОЧЕЛЮСТНОЙ СИСТЕМЫ С ДРУГИМИ СИСТЕМАМИ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ОРГАНИЗМА В РАМКАХ КОНЦЕПЦИИ ВИРТУАЛЬНОГО ФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО ЧЕЛОВЕКА

Ю.И. Няшин¹, А.Н. Еловикова², Я.А. Коркодинов¹, В.Н. Никитин¹, А.В. Тотьмянина¹

¹ Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Россия, 614990, Пермь, Комсомольский проспект, 29, e-mail: nyashin@inbox.ru

² Пермская краевая клиническая стоматологическая поликлиника, Россия, 614990, Пермь, ул. Мира, 47

Аннотация. Рассмотрена концепция виртуального физиологического человека, согласно которой человек считается комплексной многоуровневой системой. В частности, рассматривается зубочелюстная система как часть структуры виртуального физиологического человека. В свою очередь, зубочелюстная система также является сложной многоуровневой системой, состоящей из сложных многоуровневых подсистем, именуемых блоками. Приводятся схемы, в которых рассматриваются биомеханические причины возникновения нарушений зубочелюстной системы, появившихся в результате биомеханического взаимодействия зубочелюстной системы с другими, тесно связанными с ней, системами организма человека в различные периоды его существования от рождения до смерти и с окружающей средой, а также последствия таких нарушений. Предпринята попытка описания механизмов возникновения этих нарушений и последствий. На основании материалов статьи формулируются биомеханические проблемы, требующие дальнейшего решения.

Ключевые слова: виртуальный физиологический человек, многоуровневая система, зубочелюстная система, блоки.

ВВЕДЕНИЕ

В данной статье зубочелюстная система человека рассматривается в рамках нового подхода к решению проблем биомеханики, который будет осуществляться с помощью структуры виртуального физиологического человека. Эта структура в будущем сделает возможным исследование человеческого тела как единой комплексной многоуровневой системы. В дальнейшем мировым сообществом в рамках этой структуры планируется создать интегративный подход, при котором биологические системы рассматриваются с системной точки зрения. Зубочелюстная система является одним из направлений структуры виртуального физиологического человека. В данной работе рассматриваются связь зубочелюстной системы с другими системами человеческого организма, причины возникновения нарушений зубочелюстной системы и последствия, к которым они могут привести. Формулируется ряд биомеханических проблем, требующих дальнейшего изучения и решения.

КОНЦЕПЦИЯ ВИРТУАЛЬНОГО ФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО ЧЕЛОВЕКА

История создания проекта

В октябре 1996 года идею разработки новой концепции предложил Клэй Истерли (*Clay Easterly*), который работал в отделе здравоохранения и медицины (*Life Sciences Division, LSD*) национальной лаборатории Оак Ридж (*Oak Ridge National Laboratory, ORNL*), США [2]. Идея заключалась в том, чтобы создать огромную модель, включающую структуру и функции человеческого тела, а также содержащую меньшие модели человеческих органов, процессов, происходящих в человеческом теле, тканей, клеток и даже нейронов головного мозга. Особенно активное участие в развитии проекта приняли Ричард Вард (*Richard Ward*) из отдела вычислительной физики и инженерии (*Computational Physics and Engineering Division, CPED*) и Нэнси Мунро (*Nancy Moonro*) из отдела здравоохранения и медицины (*LSD*).

Проект виртуального физиологического человека пришел из-за океана и начал активно развиваться и в Евросоюзе. В 2005 году прошла конференция в Барселоне, результатом которой стала Белая статья (*White Paper*), которая представляла собой первый вариант документа, включающего основные направления, цели и задачи развития концепции виртуального физиологического человека в Евросоюзе [3]. После двух лет активной работы над развитием концепции в 2007 году вышла «дорожная карта» к виртуальному физиологическому человеку [1]. В настоящее время работа над осуществлением проекта ведется во всем мире.

Цели и задачи

Виртуальный физиологический человек – это методологическая и технологическая структура, которая в будущем сделает возможным исследование человеческого тела как единой комплексной системы. Этот проект дает возможность объединить и сравнить наблюдения и исследования из всевозможных достоверных источников, выдвинуть прогностические гипотезы, что поможет улучшить понимание человеческого организма и его патологий как единой целостной системы.

Традиционно биологические системы классифицируют согласно некоторому характерному признаку: по размеру (организм, орган, ткань, клетка, молекула), по научной дисциплине (биология, физиология, биофизика, биомеханика), по функции системы (сердечно-сосудистая, скелетно-мышечная, пищеварительная). Все это – искусственно введенные признаки, которые не могут раскрыть единую системную природу многих физиологических явлений в человеческом организме. Чтобы продолжить исследование человеческого организма, необходимо создать интегративную структуру, которая позволит соединить в одно целое наблюдения, теории и прогностические гипотезы, а также биологические системы, описанные выше; объединить усилия экспертов из разных научных дисциплин и создать новые системные гипотезы. Это также даст возможность сопоставить между собой прогностические модели, составленные различными способами, чтобы сделать гипотезы конкретными, достоверными и подтвержденными уже существующими результатами.

Завершенный проект виртуального физиологического человека должен обладать тремя фундаментальными свойствами:

1. Описательное. В проекте должны быть собраны, каталогизированы, структурированы сведения, полученные в лабораториях, больницах, научных институтах по всему миру, чтобы комбинировать их любыми возможными способами.

2. Интегративное. Проект должен позволять экспертам совместно анализировать эти наблюдения и создавать системные гипотезы, которые включают объединенные знания большого числа научных дисциплин.

3. Прогностическое. Проект должен позволять объединять прогностические модели, построенные различными способами, на различных уровнях детализации, в системные сети, которые подтверждают эти системные гипотезы. Это также сделает возможным подтверждать достоверность модели сравнением с другими клиническими или лабораторными исследованиями.

Мотивация

Цель концепции виртуального физиологического человека – создать количественные, интегративные, прогностические модели, которые описывают человеческую жизнь с зачатия до смерти, от генного до организменного уровня.

Сегодня лечение больных часто бывает фрагментированным, так как разные патологии лечат разные специалисты, которые работают только в своих узких областях медицины. Одной из главных целей проекта виртуального физиологического человека является клиническая интеграция данных, которая достигается построением технологических мостов между областями специализации и обучением мультидисциплинарных специалистов. Такая интеграция данных чрезвычайно важна для патологии, имеющей комплексную этиологию (причины возникновения).

Многие медицинские направления нуждаются в прогрессивном оборудовании, с помощью которого станет возможным исследовать комплексные патологические синдромы, используя более интегрированные парадигмы. Большинство современных клинических центров имеет разрозненную структуру, что объясняется узкой специализацией большинства специалистов и недостаточным взаимодействием между ними. Такая структура приносит пользу только при излечении некоторых нарушений: ортопеды занимаются переломами, кардиологи – инфарктами и пр. К сожалению, существуют патологии, которые требуют многодисциплинарного рассмотрения, что редко встречается в современной клинической практике. В действительности пациентов, имеющих такие нарушения, часто просто посылают к разным специалистам, каждый из которых обособленно пытается понять причину заболеваний. Из-за отсутствия должной коммуникации часто берется избыточное количество анализов, большая часть из которых совершенно не нужна. Это приводит к длительному выявлению этиологии нарушений, большим материальным затратам, а иногда и неправильному лечению.

Таким образом, основными целями структуры виртуального физиологического человека являются оптимизация вынесения диагноза, который будет выставляться на основе общей базы данных и индивидуальных данных с помощью прогностических моделей и истории болезней пациента, начиная с его рождения, а также формирование общего подхода к решению проблем, характерных для комплексных многоуровневых систем, таких, например, как зубочелюстная система.

ЗУБОЧЕЛЮСТНАЯ СИСТЕМА КАК ОДНА ИЗ СИСТЕМ СТРУКТУРЫ ВИРТУАЛЬНОГО ФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО ЧЕЛОВЕКА

Зубочелюстная система является комплексной многоуровневой структурой. Она состоит из твердых и мягких тканей, образующих сложные многоуровневые подструктуры, именуемые блоками [7]. К твердотканым блокам относятся костно-мышечный блок в области височно-нижнечелюстных суставов и зубо-альвеолярный блок, соединяющий зубные дуги верхней и нижней челюстей (рис. 1).

К мягкотканым блокам относятся передний и задний мягкотканые блоки (рис. 2).

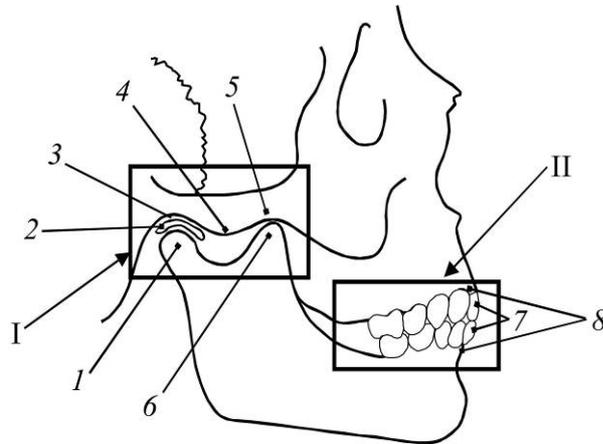


Рис. 1. Твёрдотканые блоки зубочелюстной системы: I – костно-мышечный блок: 1 – мышечлок, 2 – диск, 3 – суставная ямка, 4 – суставной бугорок, 5 – суставная дуга, 6 – венечный отросток; II – зубо-альвеолярный блок: 7 – зубные дуги, 8 – альвеолярные отростки [7, 15]

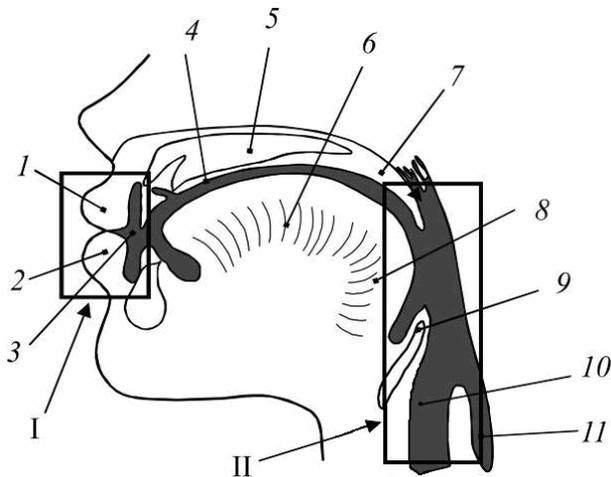


Рис. 2. Мягкотканые блоки зубочелюстной системы: I – передний мягкотканый блок: 1 – верхняя губа, 2 – нижняя губа, 3 – вход в ротовую полость, 4 – ротовая полость, 5 – твёрдое небо, 6 – язык; II – задний мягкотканый блок: 7 – мягкое небо, 8 – корень языка, 9 – надгортанник, 10 – трахея, 11 – пищевод [7, 15]

При рассмотрении в отдельности каждый из этих блоков можно разделить на еще более мелкие блоки. Вероятно, деление это можно осуществлять до бесконечности. Так, например, если рассматривать периодонт, входящий в состав зубо-альвеолярного блока и имеющий толщину в среднем всего лишь 0,2 мм, то можно выделить в нем коллагеновые волокна, кровеносные и лимфатические сосуды, нервы, клетки, межтканевую жидкость. Каждую из этих тканей можно также рассматривать как блок, состоящий из более мелких элементов. Следует отметить, что выбор и блоков и уровня, на котором будет изучаться зубочелюстная система, зависит от целей конкретного исследования.

Между тем при решении проблем, связанных с зубочелюстной системой человека, необходимо понимать, что деление на блоки носит условный характер. Нужно учитывать, что каждый элемент зубочелюстной системы важен для ее нормального функционирования. Даже потеря одного зуба или его неправильное ортодонтическое лечение могут привести к нарушению механического баланса сил во всей зубочелюстной системе. Здесь значимым является не только возрастание нагрузки на соседние зубы, но и возможное нарушение прикуса, возрастание риска появления других зубочелюстных дефектов и, что особенно важно, изменение баланса сил

в височно-нижнечелюстном суставе, что, в свою очередь, может привести к различным неблагоприятным последствиям. Системность, многоуровневость и взаимозависимость блоков зубочелюстной системы диктует необходимость использования особого подхода. Таковым могло бы стать использование структуры виртуального физиологического человека, в рамках которой человеческий организм рассматривается во всей своей совокупности. Это могло бы существенно помочь в решении таких проблем, как патологии сложной этиологии (происхождения), врожденные аномалии, часто являющиеся следствием изменений на генетическом уровне, другие дефекты, являющиеся следствием изменений на микроуровнях. Здесь же можно назвать нарушения, являющиеся следствием влияния комплекса факторов, в том числе и со стороны других систем человеческого организма, а также факторов внешней среды и т.д. Более того, человек является живой, постоянно изменяющейся и адаптирующейся структурой. Следовательно, нужно учитывать возрастные изменения и условия внешней среды. Важно отметить, что патологии могут приводить к возникновению сети все новых нарушений во всем человеческом организме.

Понимание причин, способных привести к возникновению аномалий зубочелюстной системы, позволяет индивидуализировать профилактические и лечебные мероприятия в различные возрастные периоды, применять комплексные методы их устранения [6] и четко формулировать биомеханические проблемы, требующие решения. Состояние органов полости рта и прикуса находится в тесной зависимости от их функционирования и возраста. Можно выделить возрастные периоды, в течение которых это состояние относительно устойчиво и одинаково [6]. Были выделены четыре периода: внутриутробный, дошкольный период, период младшего школьного возраста, период 13–14 лет и более поздний возраст.



Рис. 3. Факторы, влияющие на формирование зубочелюстных аномалий во внутриутробный период (гипоксия – недостаток кислорода; амнион – одна из зародышевых оболочек)

На рис. 3 изображена схема, представляющая факторы, оказывающие наибольшее влияние на формирование зубочелюстной системы и способные привести к ее аномалиям во внутриутробный период. К факторам внутриутробного периода относятся такие причины, как, например, неполноценность половых клеток родителей или гормональные сдвиги в организме беременной женщины, которые могут привести впоследствии к врожденным зубочелюстным аномалиям, а также любой вид психического, физического, химического или биологического воздействия внешней среды, способный привести к формированию зубочелюстных аномалий.

Во второй период (рис. 4), который длится от рождения и до достижения школьного возраста, в зубочелюстной системе ребенка происходят значительные изменения. В начале периода прорезаются молочные зубы, которые в конце периода начинают сменяться коренными. В это время большое значение имеет правильное искусственное вскармливание. При естественном вскармливании ребенка происходит активный рост нижней челюсти. Чтобы получить молоко из груди матери, ребенок выдвигает нижнюю челюсть, губами захватывает сосок. В полости рта возникает отрицательное давление. В результате функциональной активности мышц челюстно-лицевой области формируется здоровый прикус, а мышцы приходят в состояние правильного миодинамического равновесия. При искусственном вскармливании неправильное положение головы ребенка, форма и размеры соски, отверстие в соске могут привести к задержке роста нижней челюсти и формированию дистальной окклюзии [6].

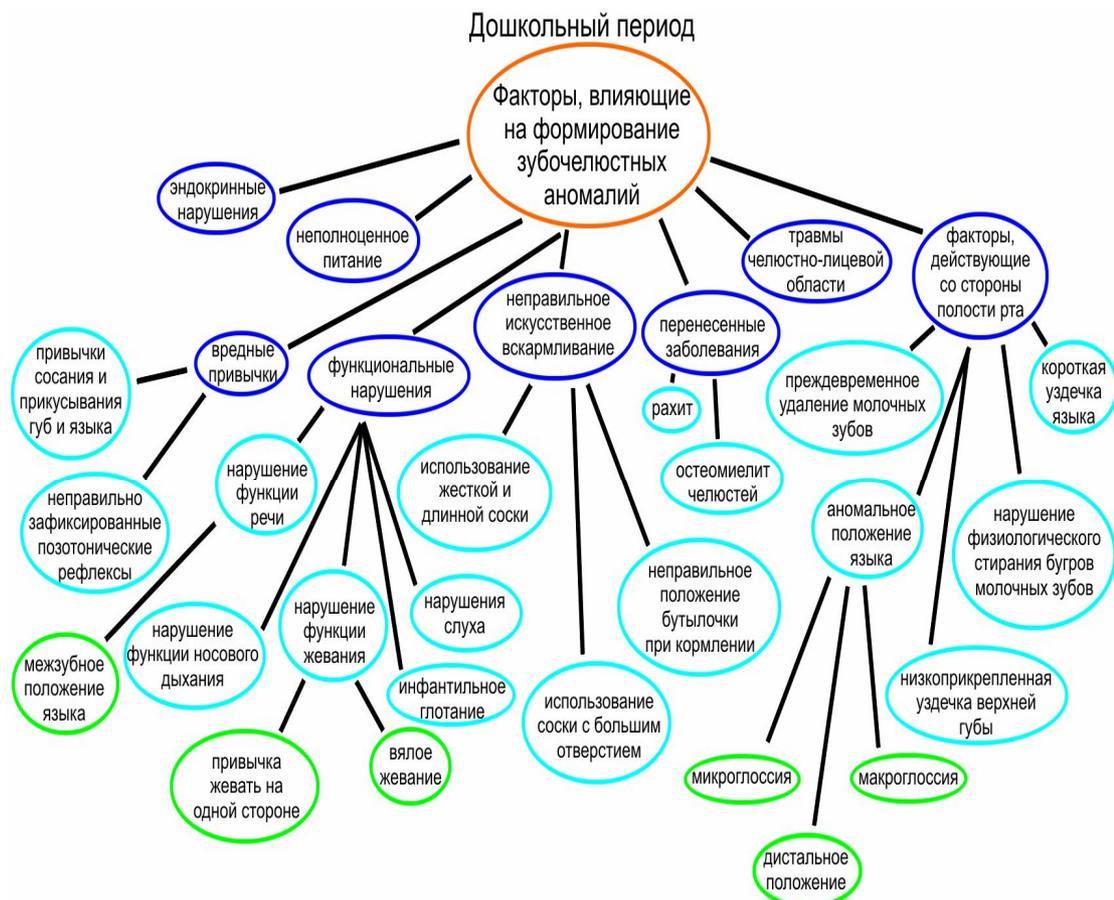


Рис. 4. Факторы, влияющие на формирование зубочелюстных аномалий в дошкольный период (микро-, макрогlossия – аномально малые, большие размеры языка; позотонический рефлекс – рефлекс, обеспечивающий поддержание определенного положения в пространстве всего тела или его части)



Рис. 5. Факторы, влияющие на формирование зубочелюстных аномалий в период младшего школьного возраста (микро-, макроденития – аномально малые, большие размеры зубов, ЧЛО – челюстно-лицевая область)



Рис. 6. Факторы, влияющие на формирование зубочелюстных аномалий в период от 13–14 лет и в более старшем возрасте (ВНЧС – височно-нижнечелюстной сустав)

В период младшего школьного возраста (рис. 5) молочные зубы сменяются коренными. В этот период большое значение имеют факторы со стороны полости рта. Множественный кариес, микроденития, макроденития, неправильное прорезывание постоянных зубов приводят к формированию неправильного прикуса. Постоянное взаимодействие факторов полости рта и патологий прикуса приводят к возникновению все большего количества нарушений зубочелюстной системы.

Начиная с 13–14 лет и в более старшем возрасте (рис. 6) зубочелюстная система находится в относительно устойчивом состоянии. Но и в этот период такие факторы, как вредные привычки или дисфункция височно-нижнечелюстного сустава, приводят к аномалиям зубочелюстной системы. Следует отметить, что воздействие этих факторов часто носит именно биомеханический характер. Нарушение биомеханического равновесия, возникающее в результате воздействия этих факторов, является основной причиной нарушений прикуса.

Аномалии зубочелюстной системы являются серьезными проблемами здоровья человека, требующими правильного медицинского лечения. Такое лечение часто невозможно без применения биомеханики, например для выбора точек приложения сил, их величин и направлений при ортодонтическом перемещении. Между тем дисфункции зубочелюстной системы могут приводить к патологии других систем человеческого организма, что согласуется с представлением о единстве и комплексности человеческого организма в рамках идеи виртуального физиологического человека [1].

Ниже приведен перечень последствий аномалий зубочелюстной системы. Особенно опасны функциональные нарушения, возникающие вследствие зубочелюстных аномалий. Например, деформация верхней челюсти при сагиттальных аномалиях прикуса сопровождается уменьшением объема носовых полостей и нарушением пневматизации воздухоносных пазух черепа, т.е. нарушением функции дыхания [6].

Последствия зубочелюстных аномалий

1. Эстетические нарушения [4, 5]	9. Храп во время сна (реже апноэ) [2, 11]	17. Дисфункция ВНЧС [11, 17]
2. Формирование вредных привычек [4]	10. Нарушение функции кровообращения [12]	18. Заболевания пародонта [13, 17]
3. Формирование инфантильного глотания [14]	11. Функциональная перегрузка отдельных групп зубов (травмы артикуляции)	19. Нарушение функции пищеварительной системы
4. Нарушение функции дыхания (ротовое дыхание) [3, 10, 14]	12. Нарушение функции жевательных и мимических мышц [4, 11, 17]	20. Нарушение местного кровообращения
5. Нарушение функции внешнего дыхания	13. Нарушение функции речи [1]	21. Предрасположенность к кариесу [13, 14, 17]
6. Неправильная осанка [3, 6]	14. Преждевременная потеря зубов	22. Снижение функции жевательной активности
7. Предрасположение к респираторно-вирусным заболеваниям [4]	15. Задержка психосоматического развития вследствие комплексной неполноценности [6]	
8. Развитие ЛОР-заболеваний [4]	16. Головная боль [16, 18]	

Таким образом, как патология разных систем человеческого организма, так и воздействие внешних факторов могут приводить к нарушениям зубочелюстной системы. Эти нарушения не только мешают нормальной жизнедеятельности человеческого организма, но и сами могут быть причинами нарушений функций разных систем организма. Совокупность всех этих нарушений приводит к новым патологиям.

Возникает необходимость единого подхода к лечению нарушений и решению возникающих при этом биомеханических проблем. Далее, сформулируем некоторые биомеханические проблемы, решение которых в рамках концепции виртуального физиологического человека будет являться целью дальнейших исследований.

РАССМОТРЕНИЕ БИОМЕХАНИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ

Проблема правильного ортодонтического перемещения

Один из самых распространенных методов лечения аномалий зубочелюстной системы – применение ортодонтических аппаратов. Эти аппараты непрерывно воздействуют на зубы, альвеолярные отростки и челюстные кости с помощью специальных приспособлений. Чтобы ортодонтические аппараты развивали силу давления на определённый участок зубочелюстной системы, необходимо при их конструировании создать адекватные точку опоры и точку приложения силы. В процессе терапии механическая сила аппарата или преобразованная им сократительная способность мышц вызывают тканевую перестройку, определяющую изменение формы.

Перемещение зубов при ортодонтическом лечении сопровождается сложными процессами в тканях зубочелюстной системы: периодонте, альвеолярной кости, мягких тканях. Изменяется гистологическая структура тканей всего пародонта. Понимание процессов, происходящих в пародонте, необходимо для правильного планирования лечения, выбора ортодонтических аппаратов, их точки опоры и точки приложения силы, выбора ее интенсивности, продолжительности и периодичности действия [1].

Под воздействием произвольной ортодонтической силы зуб движется некоторым произвольным образом. В периодонте, прослойке между зубом и альвеолярной костью, возникают и растягивающие, и сжимающие напряжения (рис. 7). Растягивающие напряжения вызывают построение окружающей зуб костной ткани, сжимающие напряжения – рассасывание ткани. В результате лунка зуба перестраивается и зуб движется. Для успешного ортодонтического лечения очень важна величина напряжений сжатия. Если они слишком велики, то периодонт слишком сильно сдавливается, а так как процесс резорбции всегда исходит из его тканей, то на месте сдавленного периодонта рассасывания стенки альвеолы не происходит и может развиваться стерильный некротический процесс. Если сжимающие напряжения слишком малы, то перестройка кости происходит очень медленно [20].

Различают кратковременные и долговременные ортодонтические силы. Под кратковременными понимают силы, при которых после разгрузки все перемещения исчезают и зуб возвращается в свое начальное положение. Под долговременными понимают силы, время действия которых достаточно велико, чтобы вызвать перестройку костной ткани и перемещение зуба в некоторое положение, отличное от начального [21].

При приложении обоих видов ортодонтических сил нужно учитывать «особые» точки, связанные с зубом. Одна из таких точек – центр сопротивления зуба. Эта точка должна удовлетворять двум условиям:

а) если на зуб действуют только моменты сил, то зуб вращается около центра сопротивления зуба;

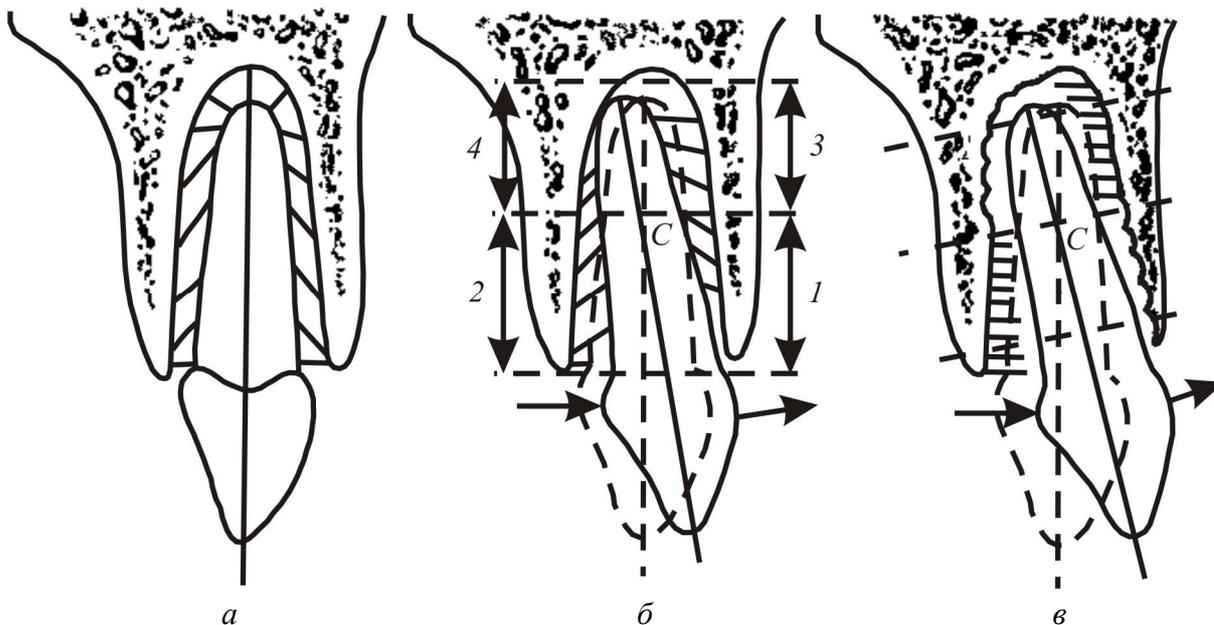


Рис. 7. Схематическое представление движения зуба: а – нормальное положение зуба; б – движение зуба, когда сила приложена, где 1, 4 – области сжатия периодонта; 2, 3 – области растяжения периодонта; в – перестройка кости, где 1, 4 – области резорбции костной ткани, 2, 3 – области построения костной ткани [8]

б) если приложенные к зубу силы можно свести к результирующей с линией действия, проходящей через центр сопротивления зуба, то зуб движется поступательно [21].

Положение центра сопротивления не зависит от приложенных сил. Положение центра сопротивления – это функция анатомии зуба, свойств периодонта, плотности альвеолярной кости, упругости мягких тканей, возраста пациента [19].

Другая «особая» точка – центр вращения зуба, определяется как точка, жестко соединенная с зубом, а при действии сил на зуб перемещения в этой точке равны нулю. Положение центра вращения зависит от приложенных сил.

Эти два определения центров сопротивления и вращения зуба были строго определены в работе [21]. К сожалению, в такой форме они не могут быть использованы ортодонтами, и в настоящее время врачи больше полагаются на собственные опыт и знания. Следовательно, значительно возрастает вероятность ошибок и неправильного ортодонтического лечения, особенно в практике начинающих специалистов. С другой стороны, использование этих «особых» точек могло бы существенно оптимизировать лечение. Врачи могли бы более точно определять точки приложения сил, их величину и продолжительность.

Возникает проблема: как определенные на языке механики понятия применять в ортодонтической практике. Вероятно, следует поставить и решить задачи биомеханики, решение которых помогло бы в создании программного продукта. С помощью этого продукта врачи могли бы в доступной для них форме получить необходимый для лечения пациентов набор указаний и рекомендаций. Программный продукт должен учитывать индивидуальные данные пациента, историю его болезни, похожие случаи болезней других пациентов. Указания и рекомендации должны осуществляться как на основе применения общего алгоритма лечения для данного случая, так и на основе индивидуальных данных пациента. Решение задач биомеханики с целью создания подобного программного продукта и будет целью наших дальнейших исследований.

Индивидуальное применение ортодонтических аппаратов для восстановления жевательной функции и смягчения последствий неправильного прикуса

Ранее было отмечено, что неправильное расположение зубов, а также любое нарушение в работе зубочелюстной системы может привести к нарушениям функций других органов и систем организма. Гастриты, холециститы и ожирение, заболевания печени и поджелудочной железы, кожные и эндокринные заболевания, деформации височно-нижнечелюстного сустава, заболевания пародонта (рис. 8) – это лишь неполный перечень проблем, спровоцированных аномалиями зубочелюстного развития [4, 11, 13].

Например, согласно клиническим данным у большинства детей в период молочного и сменного прикуса наблюдается в качестве вредной привычки ротовой или смешанный тип дыхания, возникающий вследствие патологических процессов в носоглотке, таких как тонзиллиты, риниты, аденоиды, острые респираторные заболевания.

Это, в свою очередь, приводит к недоразвитию зубочелюстной системы и различным челюстно-лицевым аномалиям по причине задержки роста гайморовых пазух (рис. 9). В связи с этим происходит недоразвитие воздухоносных путей и лицевого скелета, тесно взаимосвязанных между собой в процессе развития. Аномалии прикуса сопровождаются нарушением осанки и провоцируют у детей расстройства дыхания во сне, а также храп [3, 14].

Ротовое дыхание, в свою очередь, приводит к нарушению деятельности мышц (мимических, круговой мышцы рта, языка (рис. 10)) и к развитию зубочелюстных аномалий. При нарушении функции дыхания активность круговой мышцы рта в несколько раз повышается по сравнению с нормой, а ее выносливость существенно снижается. Функциональная недостаточность круговой мышцы может явиться причиной увеличения длины верхнего зубного ряда. Это происходит в результате ослабления давления круговой мышцы рта на резцы снаружи, давление языка на зубные ряды изнутри начинает преобладать, и резцы смещаются в губном направлении, увеличивая при этом длину зубного ряда и величину сагиттальной щели.

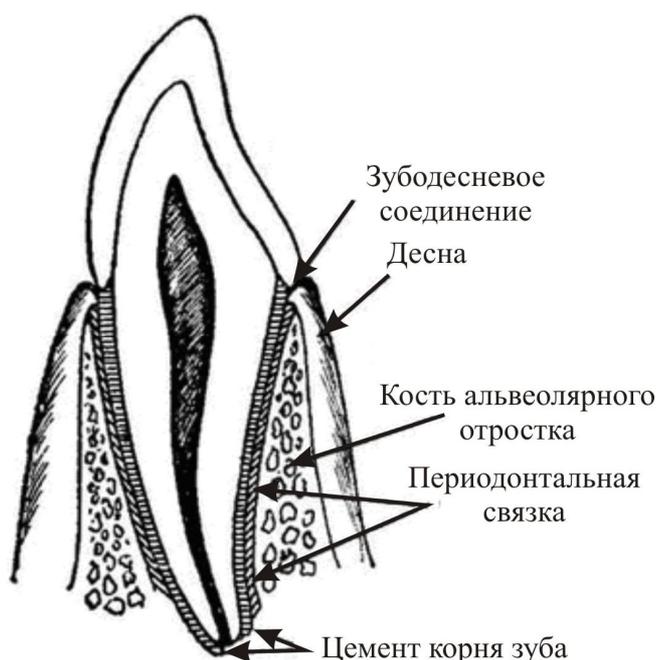


Рис. 8. Ткани пародонта [31]

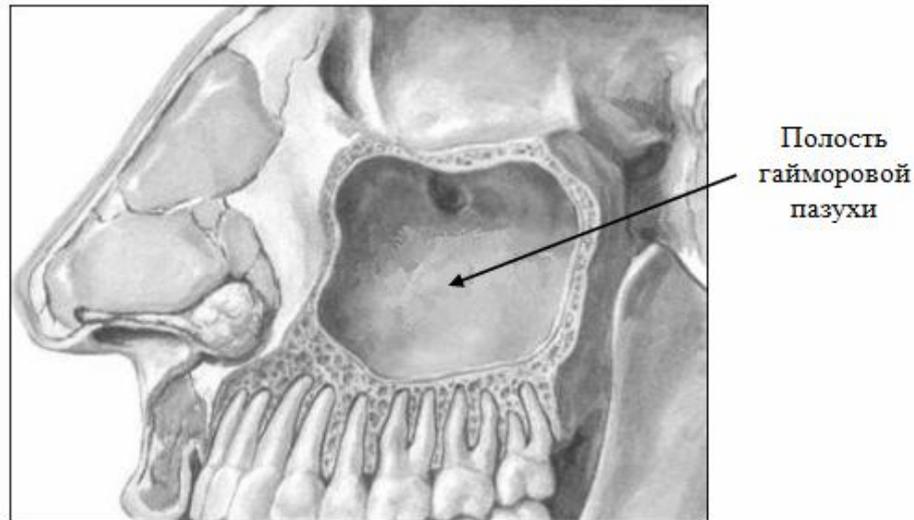


Рис. 9. Полость гайморовой пазухи [32]

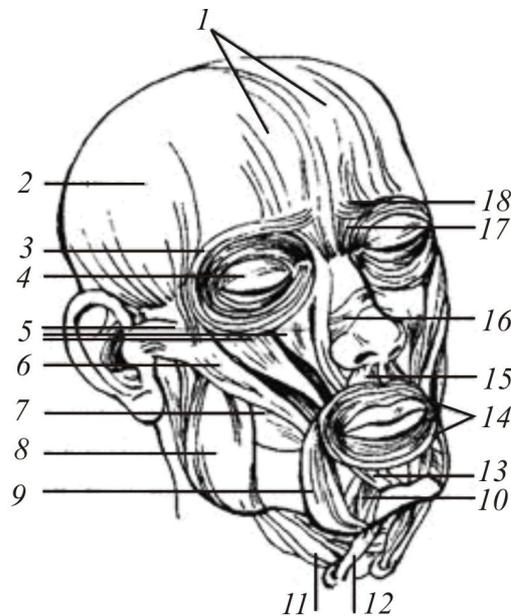


Рис. 10. Мышцы лица и шеи: 1 – лобная мышца; 2 – височная мышца; 3 – круговая мышца глаза – орбитальная часть; 4 – вековая часть; 5 – квадратная мышца, мышца верхней губы; 6 – скуловая мышца; 7 – щечная мышца; 8 – собственно жевательная мышца; 9 – треугольная мышца рта; 10 – квадратная мышца нижней губы; 11 – челюстно-подъязычная мышца; 12 – двубрюшная мышца; 13 – подбородочная мышца; 14 – круговая мышца рта; 15 – мышца, опускающая перегородку носа; 16 – носовая мышца; 17 – пирамидальный мускул; 18 – сдвигатели бровей [33]

Особое внимание следует обратить на положение языка при ротовом дыхании, при котором ребенок прокладывает язык между зубными рядами, что способствует протрузии верхних резцов. Такое положение языка на фоне ротового дыхания может также привести к формированию открытого прикуса (верхние резцы не контактируют с нижними, образуется щель между зубами). Дополнительное давление натянутых щечных мышц, возникающее у ребенка при дыхании ртом, способствует сужению зубных дуг [4].

Это лишь один пример из многих, демонстрирующий причины возникновения неправильного прикуса и его последствия.

В клинической практике на ранних стадиях лечения с целью устранения вредных привычек, нормализации носового дыхания, и как следствие, профилактики развития челюстно-лицевых аномалий могут быть использованы такие ортодонтические аппараты как эластопозиционеры (рис. 11).

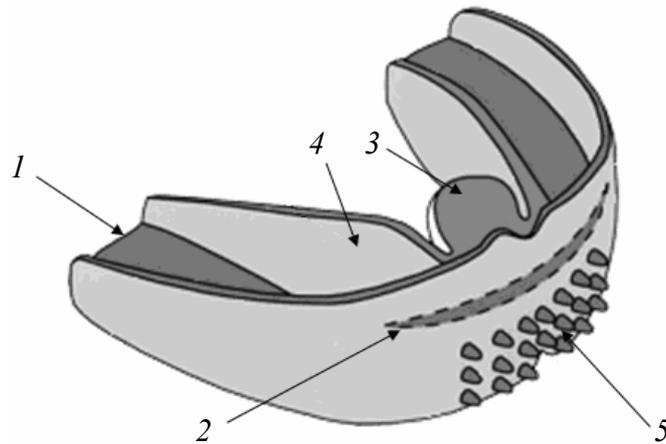


Рис. 11. Устройство эластопозиционера: 1 – канавки для зубов; 2, 5 – губные щиты; 3 – специальный язычок для коррекции положения языка в полости рта; 4 – языковая защитка

Однако на сегодняшний день недостаточно изучены кинетика перемещения зуба с использованием данных ортодонтических аппаратов на зубных рядах с нарушенной окклюзией (дети/взрослые, муж./жен.) и их индивидуальное применение для восстановления жевательной функции и смягчения последствий неправильного прикуса, в чем и заключается актуальность биомеханического исследования.

Влияние изменений прикуса на мозговое кровообращение

Потеря зубов (рис. 12), неправильное развитие нижней челюсти, ее травмы и ушибы приводят к перераспределению усилий во всей зубочелюстной системе (рис. 13). Страдают зачастую не только зубы, но и височно-нижнечелюстной сустав, который сглаживает (перераспределяет) усилия в зубочелюстной системе (см. рис. 13). Необходимо отметить, что таким образом височно-нижнечелюстной сустав ставит себя в неблагоприятные условия, при которых в нем могут начаться деструктивные процессы.

Наиболее частым механизмом перераспределения усилий в височно-нижнечелюстном суставе и во всей зубочелюстной системе является смещение суставного диска (сагиттальное (рис. 14, а) и медиальное (рис. 14, б), которое нередко не проходит бесследно [10]. Смещение диска может привести к его выпячиванию (образованию дивертикула) в различных направлениях (см. рис. 14).



Рис. 12. Отсутствие зубов на нижней челюсти [25]

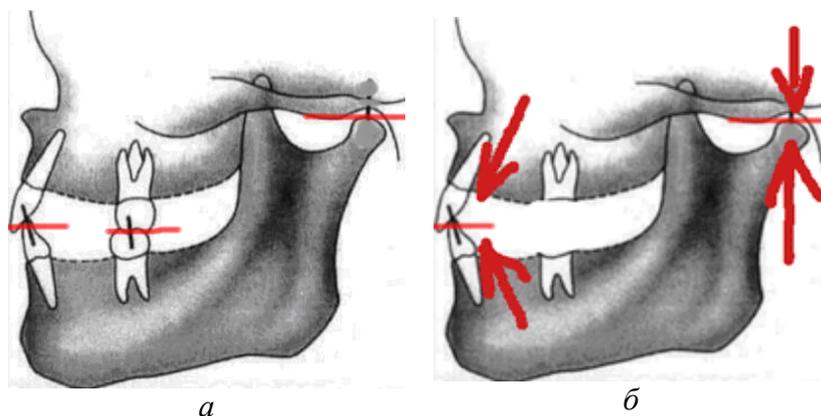


Рис. 13. Распределение усилий (а) до и (б) после потери жевательной группы зубов (исчезновение опорной зоны височно-нижнечелюстного сустава) [26]

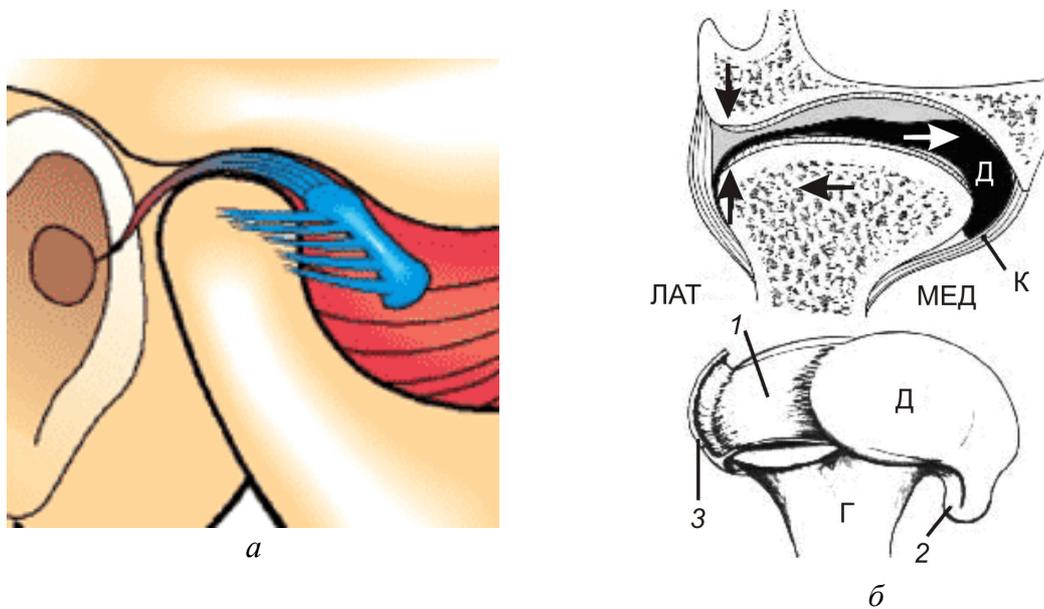


Рис. 14. Смещение диска и образование дивертикула: *а* – переднее смещение диска в сагитальном направлении [27]; *б* – медиальное смещение диска (вовнутрь) [28]: Д – внутрисуставной диск; К – капсула сустава; Г – головка нижней челюсти; МЕД – медиальная сторона; ЛАТ – латеральная сторона; 1 – латеральная дискочелюстная связка; 2 – медиальная диско-челюстная связка; 3 – участок капсулы сустава; черные стрелки на верхнем рисунке – направление смещения головки нижней челюсти и сужения суставной щели; белая стрелка – направление смещения внутрисуставного диска

Нередко образовавшийся дивертикул может привести к достаточно серьезным последствиям. При медиальном смещении диска височно-нижнечелюстного сустава происходит уменьшение расстояния между суставной капсулой и стенкой внутренней сонной артерии (рис. 15) [9]. Внутренняя сонная артерия является одной из четырех артерий, кровоснабжающих головной мозг (две внутренние сонные и две позвоночные артерии). При достаточно больших смещениях диска височно-нижнечелюстного сустава дивертикул начинает раздражать нервы, оплетающие стенку внутренней сонной артерии (рис. 16), что может привести к сужению артерии или даже полной ее окклюзии (инсульту). Важно также, что при раздражении дивертикулом нервов может развиваться болевой синдром височно-нижнечелюстного сустава, который сопровождается часто невыносимой болью в области сустава. Раздражение передается на синокаротидную зону, которая регулирует кровоток в головном мозге и также оказывает влияние на деятельность сердца [11, 12].

При нарушении кровообращения головного мозга по внутренним сонным артериям в работу вступает компенсаторный механизм, состоящий из виллизиева круга (рис. 17) и коллатералей (рис. 18).

Виллизиев круг расположен в основании головного мозга и соединяет две внутренние сонные и две позвоночные артерии в кольцо (см. рис. 17). В норме кровоток по соединительным артериям круга очень медленный. При нарушении проходимости одной из артерий и уменьшении объемного кровотока виллизиев круг перераспределяет объемы крови путем увеличения просвета и скорости кровотока по другим артериям и коллатералям. Следует отметить, что расширяющиеся при этом соединительные артерии не предназначены в норме для большого кровотока. Они сильно раздуваются и в некоторый момент их стенка может не выдержать высокого давления и произойдет ее разрыв, который приводит к геморрагическому инсульту (вытекание крови в полость между мозгом и внутренней стенкой черепа).

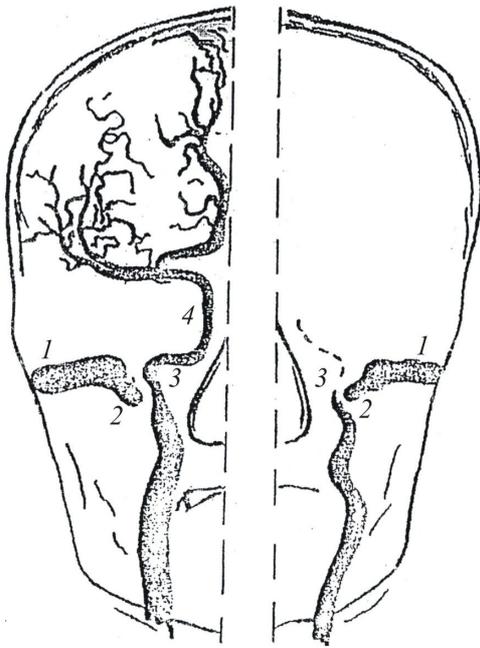


Рис. 15. Влияние дивертикула височно-нижнечелюстного сустава на сонную артерию: 1 – височно-нижнечелюстной сустав; 2 – дивертикул сустава, 3 – сонная артерия в норме (левая сторона рисунка), поражение сонной артерии после пережатия дивертикуллом (правая сторона рисунка), 4 – сифон

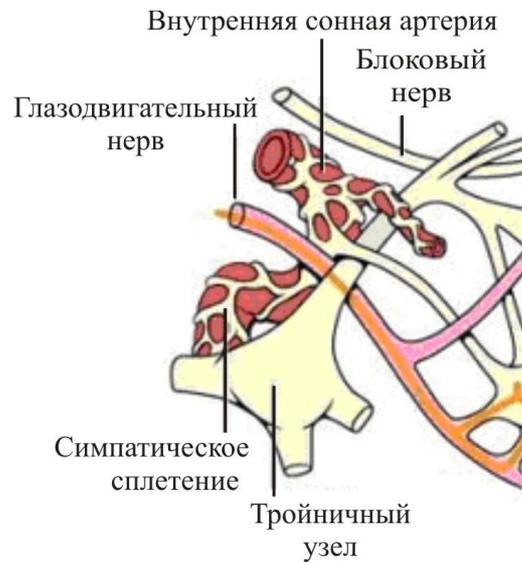


Рис. 16. Взаимосвязь внутренней сонной артерии и тройничного узла

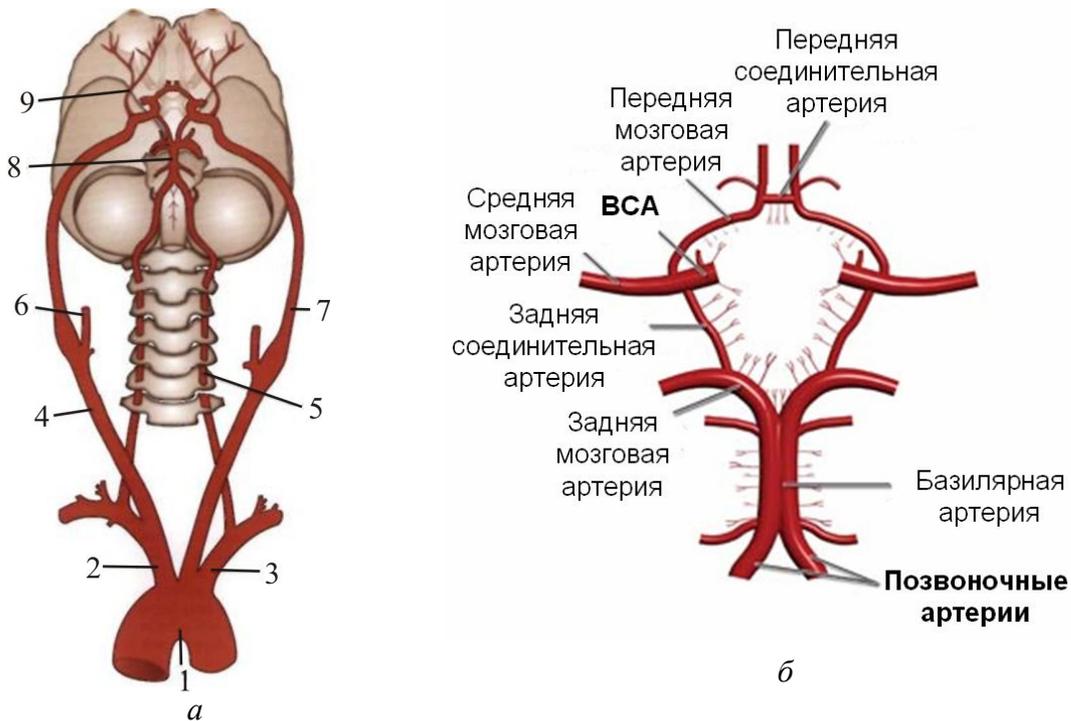


Рис. 17. Кровоснабжение головного мозга: а – магистральные артерии, питающие головной мозг [30]: 1 – дуга аорты; 2 – плечеголовной ствол; 3 – левая подключичная артерия; 4 – правая общая сонная артерия; 5 – позвоночная артерия; б — наружная сонная артерия; 7 – внутренняя сонная артерия; 8 – базилярная артерия; 9 – глазная артерия; б – виллизиев круг, где ВСА – внутренняя сонная артерия

В случае если по одному из них кровотоков уменьшится или вообще прекратится, то виллизиев круг благодаря соединительным артериям перераспределит кровоток и не оставит зону головного мозга без питания.

Если виллизиев круг не замкнут (чаще всего отсутствует задняя соединительная артерия, соединяющая среднюю и заднюю мозговые артерии (рис. 17, б)), то весь удар по восстановлению кровоснабжения головного мозга при недостатке кровотока принимают коллатерали (см. рис. 18) [29]. Наиболее частым является увеличении просвета глазной артерии.

Для каждого человека замкнутость виллизиева круга, место отхождения мозговых артерий от внутренних сонных артерий, развитость коллатеральных артерий индивидуальны. Соответственно, не все защитные механизмы хорошо развиты у каждого.

Цепочка последствий неправильного прикуса может привести к инсульту (нередко гибели человека) (рис. 19). Разорвав ее, многие патологические процессы в височно-нижнечелюстном суставе и кровоснабжении головного мозга можно предотвратить.

Таким образом, проблема лечения неправильного прикуса должна решаться с учетом состояния височно-нижнечелюстного сустава. Современные методы (магнитно-резонансная томография, компьютерная томография, кондилография (регистрация перемещения диска при различных движениях нижней челюсти) и применение артикулятора (устройство для моделирования правильного прикуса посредством снятия восковых форм зубных дуг) позволят авторам моделировать и восстанавливать неправильный прикус. При этом височно-нижнечелюстной сустав и перемещение диска при движениях нижней челюсти будут в норме. Болевой синдром, перенапряженность лицевых и шейных мышц и нарушение мозгового кровообращения не наступят.

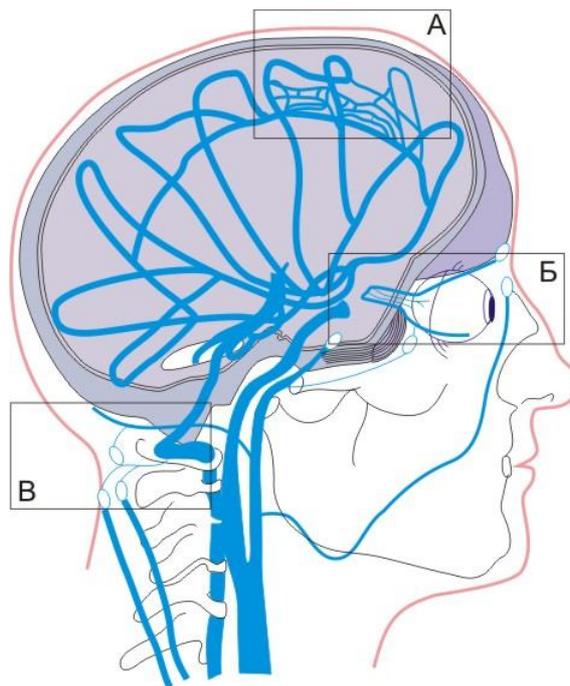


Рис. 18. Схема коллатералей, через которые восполняется кровоснабжение головного мозга: А – анастомозы между дистальными ветвями мозговых артерий (здесь показаны анастомозы между передней и средней артериями); Б – анастомозы через глазницу между ветвями наружной сонной артерии и глазной артерией, отходящей от внутренней сонной артерии; В – внемозговые анастомозы между мышечными ветвями восходящей шейной и затылочной артерий с одной стороны и дистальными отделами позвоночной артерии – с другой [29]



Рис. 19. Схема возможных последствий неправильного прикуса

Рассмотренная в данном пункте проблема взаимосвязи между изменениями прикуса и соответственно височно-нижнечелюстного сустава и мозгового кровообращения не может быть решена только стоматологами или только сосудистыми хирургами (ангиологами). Данная проблема должна решаться в рамках междисциплинарного подхода. Только в этом случае лечение будет комплексным и последствия вмешательств специалистов не окажут пагубного воздействия на системы организма человека.

Таким образом, здесь рассматриваются зубочелюстная, кровеносная и нервная системы организма человека, что подчеркивает направленность работы в рамках концепции виртуального физиологического человека. Данная работа может объединить усилия стоматологов, ангиологов, нейрохирургов и биомехаников.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотрена концепция виртуального физиологического человека. Эта концепция предлагает новый подход к решению проблем биомеханики. В рамках этого подхода рассмотрена зубочелюстная система. Чтобы оптимизировать лечение, рассмотрены факторы, способные привести к возникновению зубочелюстных аномалий. Также рассмотрены последствия, к которым могут привести эти аномалии. Сформулированы биомеханические проблемы, которые будут решаться в дальнейшем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аболмасов Н.Г., Аболмасов Н.Н. Ортодонтия – М.: МЕДпресс-информ, 2008. – 424 с.
2. Блоцкий А.А., Плужников М.С. Феномен храпа и синдром обструктивного сонного апноэ // Тихоокеанский медицинский журнал. – 2005. – № 1. – С. 13–16.
3. Гасымова З.В. Взаимосвязь зубочелюстно-лицевых аномалий с ротовым дыханием, нарушенной осанкой, способы комплексного лечения // Стоматология детского возраста и профилактика. – 2004. – Т. 3, № 3, 4. – С. 59–62.
4. Гвоздева Ю.В., Данилова М.А. Миофункциональные нарушения у детей: моногр. – Пермь: ПГМА, 2009. – 134 с.
5. Гвоздева Ю.В., Царькова О.А., Данилова М.А. Оценка гармоничности профиля лица у детей при различных видах миофункциональных нарушений // Казанский медицинский журнал. – 2010. – Т. 91, № 2. – С. 173–176.
6. Данилова М.А., Ишмурзин П.В., Халова Ю.С. Этиология зубочелюстных аномалий. Профилактика в различных возрастных периодах: метод. рекомендации – Пермь, 2006.
7. Еловицова А.Н., Няшин М.Ю., Симановская Е.Ю., Гвоздева Л.М., Няшин Ю.И. Биомеханические основы лечения зубочелюстных аномалий // Стоматология. – 2002. – № 3. – С. 51–54.
8. Калвелис Д.А. Биоморфологические основы ортодонтического лечения. – Рига, 1961.
9. Няшин Ю.И., Тверье В.М., Лохов В.А., Менар М. Височно-нижнечелюстной сустав человека как элемент зубочелюстной системы // Российский журнал биомеханики. – 2009. – Т. 13, № 4. – С. 7–21.
10. Оборин Л.Ф., Няшин Ю.И., Никитин В.Н., Райков А.В. О механизме влияния биомеханических стоматологических факторов на качество и продолжительность жизни людей // Российский журнал биомеханики. – 2010. – Т. 14, № 4. – С. 70–86.
11. Оборин Л.Ф., Патлусова Е.С. Взаимодействие биомеханических и гемодинамических факторов дисфункции височно-нижнечелюстного сустава врождённого и приобретённого происхождения // Российский журнал биомеханики. – 2009. – Т. 13, № 4. – С. 94–107.
12. Оборин Л.Ф., Шмурак М.И. О механизме влияния коллатерального кровообращения головного мозга на развитие атрофических, болевых и других синдромов зубочелюстной системы // Российский журнал биомеханики. – 2010. – Т. 14, № 1. – С. 64–72.
13. Олейник Е.А. Скученное положение зубов – фактор риска развития кариеса и заболеваний пародонта // Институт стоматологии. – 2007. – Т. 1, № 34. – С. 84–85.
14. Сатыго Е.А. Орофациальные дисфункции и кариес у детей 6–8 лет // Стоматология детского возраста и профилактика. – 2009. – Т. 8, № 2. – С. 14–16.
15. Симановская Е.Ю., Няшин Ю.И., Итоги и перспективы использования методов биомеханики в детской стоматологии // Российский журнал биомеханики. – 2003. – Т. 7, № 3. – С. 10–22.
16. Тарасова С.В., Амелин А.В., Скоромец А.А. Распространенность и выявляемость первичных и симптоматических форм хронической ежедневной головной боли // Казанский медицинский журнал. – 2008. – Т. 89, № 4. – С. 427–431.
17. Фадеев Р.А., Кудрявцева О.А. Особенности диагностики и реабилитации пациентов с зубочелюстными аномалиями, осложненными заболеваниями височно-нижнечелюстных суставов и жевательных мышц (Ч. 2) // Институт стоматологии. – 2008. – № 4. – С. 20–21.
18. Хорошилкина Ф.Я. Ортодонтия – М.: Медицинское информационное агентство, 2006. – 544 с.
19. Demange C. Equilibrium situations in bend force systems // Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop. – 1986. – Vol. 90. – P. 333–339.
20. Nyashin M.Y., Pechenov V.S., Rammerstorfer F.G. Determination of the optimal orthodontic forces // Russian Journal of Biomechanics – 1997. – No. 1–2. – С. 84–96.
21. Osipenko M.A., Nyashin M.Y., Nyashin Y.I. Center of resistance and center of rotation of a tooth: the definitions, conditions of existence, properties // Russian Journal of Biomechanics – 1999. – No. 1. – P. 5–15.
22. Seeding the EuroPhysiome: A Roadmap to the Virtual Physiological Human, 2007.
23. The Virtual Human Project: An Idea Whose Time Has Come?
24. Virtual Physiological Human. White Paper, 2005.
25. <http://dmd.co.il/ru10.php>
26. <http://www.tssdent.ru/an/?lang=rus&id=53>
27. <http://www.tmjdisorders.com/tmj-disorders.aspx>
28. <http://www.100matolog.com.ua/archive/2007/10/jointdisk.php>
29. http://humbio.ru/humbio/har_nevr/0018c570.htm
30. http://www.nevrologiya.net/category/vvedenie_v_klinicheskuyu_nevrologiyu/
31. <http://www.medical-enc.ru>
32. <http://www.hnotes.ru>
33. <http://www.inmoment.ru>

THE INTERACTION OF THE DENTOFACIAL SYSTEM WITH OTHER SYSTEMS OF THE HUMAN WITHIN THE FRAMEWORK OF THE CONCEPTION OF VIRTUAL PHYSIOLOGICAL HUMAN

Y.I. Nyashin, A.N. Elovikova, I.A. Korkodinov, V.N. Nikitin, A.V. Totmyanina
(Perm, Russia)

The conception of virtual physiological human (VPH) is considered. According to that, the human is regarded as a complex multilevel system. Particularly, the dentofacial system is considered as a part of the virtual physiological human framework. In turn, the dentofacial system is a complex multilevel system composed of complex multilevel subsystems called blocks. There are given the schemes, where the biomechanical reasons of the appearance of the dentofacial system disturbances are composed in various periods of the human's existence from birth to death. These disturbances are originated as a result of the biomechanical interaction of the dentofacial system with other systems, closely connected with that system, as well as with the environment. The consequences of disturbances are also considered. The attempt is made to describe mechanisms of the appearance of these disturbances and consequences. On the basis of the article, biomechanical problems are formulated, which require a further decision.

Key words: Virtual Physiological Human (VPH), multilevel system, dentofacial system, blocks.

Получено 01 сентября 2011