



БИОМЕХАНИКА

УДК 531/534:[57+61]

Ю.И. НЯШИН, д-р техн. наук, проф.
профессор кафедры теоретической механики и биомеханики¹
E-mail: nyashin@inbox.ru

В.А. ЛОХОВ, канд. физ.-мат. наук, доц.
доцент кафедры теоретической механики и биомеханики¹
E-mail: valeriy.lokhov@yandex.ru

М. МЕНАР, д-р техн. наук, проф.
заведующий лабораторией механики и физики²
E-mail: michel.mesnard@u-bordeaux1.fr

¹Пермский национальный исследовательский политехнический университет, г. Пермь, Россия

²Университет Бордо 1, г. Бордо, Франция

Поступила в редакцию 01.08.2016.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАТОЛОГИИ ЗУБОЧЕЛЮСТНОЙ СИСТЕМЫ НА МОЗГОВОЕ КРОВООБРАЩЕНИЕ

В Европе в настоящее время четверть населения страдает заболеваниями головного мозга. В России сосудистые заболевания головного мозга — одна из ведущих причин смертности и инвалидности. Церебральный инсульт ежегодно развивается у 450 тыс. человек (примерно, один случай в минуту), из них одна треть умирает в период острого течения болезни. Частота церебрального инсульта у лиц старше 50–55 лет увеличивается примерно в два раза в каждом последующем десятилетии жизни. У современной молодежи отмечается в последнее время резкое увеличение частоты инсульта, что связано с влиянием различных неблагоприятных факторов жизни. Данная болезнь имеет различные причины, из которых в данном докладе анализируется влияние патологии зубочелюстной системы.

Ключевые слова: биомедицина, биомеханика, инсульт, височно-нижнечелюстной сустав, виллизиев круг

Церебральный инсульт — это синдром, который возникает при разных заболеваниях, при разных состояниях организма на фоне длительных изменений, которые происходят в головном мозге в течение десятилетий под воздействием разнообразных факторов риска. Среди них можно выделить как немодифицируемые факторы (возраст и пол, этническая принадлежность, климат, индивидуальные особенности организма), так и модифицируемые (артериальная гипертензия, атеросклероз, патология сердца, сахарный диабет, алкоголь и курение).

В последнее время стало ясно, что также патологии зубочелюстной системы влияют на мозговое кровообращение, вызывая так называемый одонтогенный инсульт.

Также в мире растет понимание того, что для успешного лечения и профилактики инсульта необходимо привлечение специалистов по естественным фундаментальным наукам, к числу которых относится биомеханика. В данном докладе рассмотрены биомеханические факторы, приводящие к нарушению мозгового кровообращения.

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.

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, построен-

ные 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.

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.

Потеря зубов (рисунок 1), неправильное развитие нижней челюсти, ее травмы и ушибы приво-

дят к перераспределению усилий во всей зубочелюстной системе (рисунок 2). Страдают зачастую не только зубы, но и височно-нижнечелюстной сустав, который сглаживает (перераспределяет) усилия в зубочелюстной системе (см. рисунок 2). 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 (рисунок 3 а) и медиальное (см. рисунок 3 б), которое нередко не проходит бесследно. Смещение диска может привести к его выпячиванию (образованию дивертикула) в различных направлениях (см. рисунок 3).

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 (рисунок 4). 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 (рисунок 5), что может привести к сужению артерии или даже полной ее окклюзии (инсульту). Важно также, что при раз-



Рисунок 1 — Отсутствие зубов на нижней челюсти

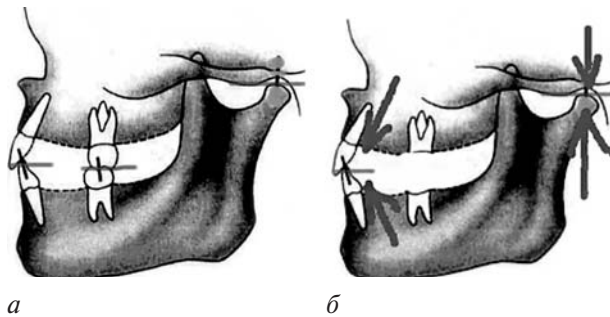
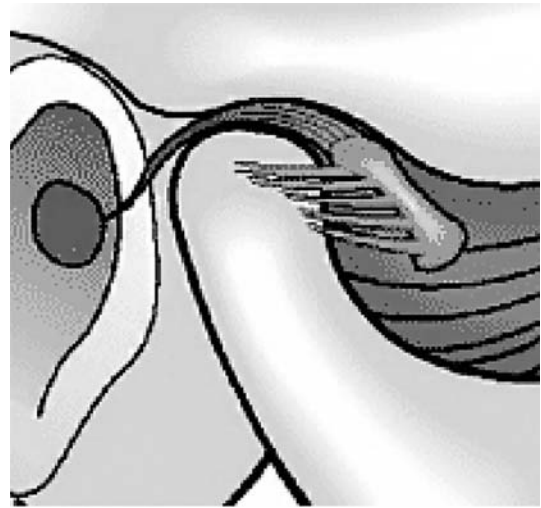
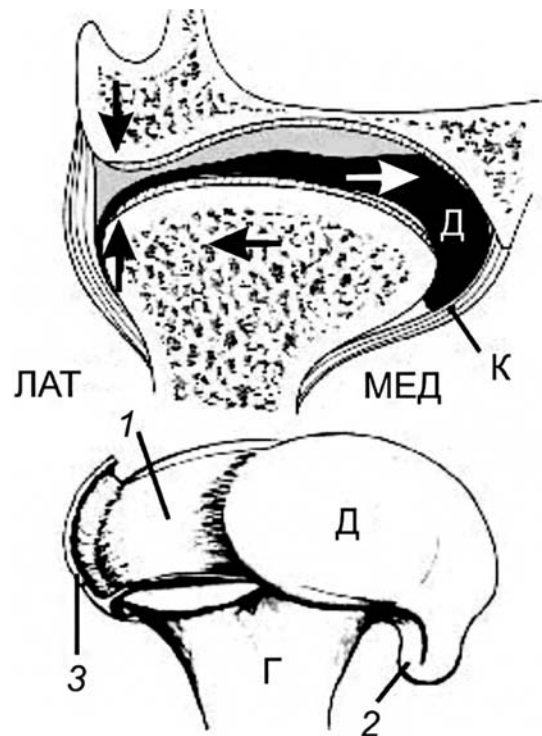


Рисунок 2 — Распределение усилий (а) до и (б) после потери жевательной группы зубов (исчезновение опорной зоны височно-нижнечелюстного сустава)



а



б

Рисунок 3 — Смещение диска и образование дивертикула:

а — переднее смещение диска в сагиттальном направлении; б — медиальное смещение диска (вовнутрь) (Д — внутрисуставной диск; К — капсула сустава; Г — головка нижней челюсти; МЕД — медиальная сторона; ЛАТ — латеральная сторона; 1 — латеральная диско-челюстная 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)

дражении 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. При нарушении кровообращения головного мозга по внутренним сонным артериям в работу вступает компенсатор-

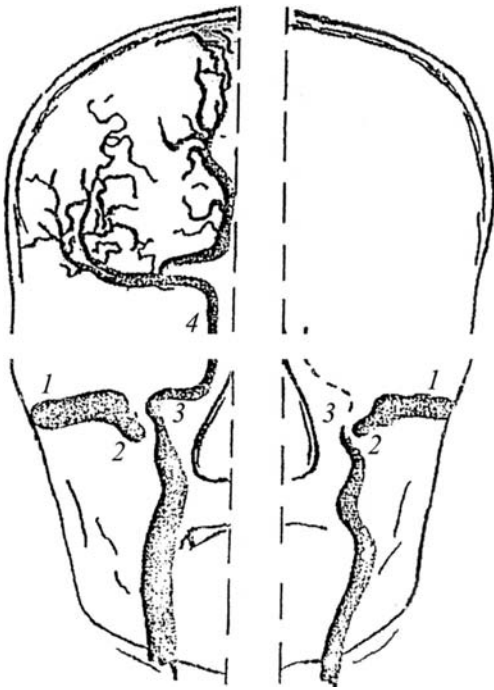


Рисунок 4 — Влияние дивертикула височно-нижнечелюстного сустава на сонную артерию: 1 — височно-нижнечелюстной сустав; 2 — дивертикул сустава; 3 — сонная артерия в норме (левая сторона рисунка), поражение сонной артерии после пережатия дивертикулом (правая сторона рисунка); 4 — сифон

ный механизм, состоящий из виллизиева круга (см. рисунок 5) и коллатералей.

Виллизиев круг расположен в основании головного мозга и соединяет две внутренние сонные и две позвоночные артерии в кольцо (см. рисунок 5). 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 артери-

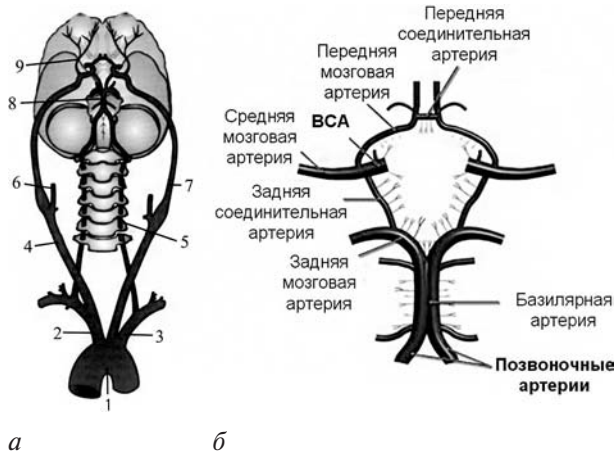


Рисунок 5 — Кровоснабжение головного мозга:

а — магистральные артерии, питающие головной мозг (1 — дуга аорты; 2 — плечеголовной ствол; 3 — левая подключичная артерия; 4 — правая общая сонная артерия; 5 — позвоночная артерия; 6 — наружная сонная артерия; 7 — внутренняя сонная артерия; 8 — базилярная артерия; 9 — глазная артерия); **б** — виллизиев круг (ВСА — внутренняя сонная артерия)

ям 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).

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 (см. рисунок 5 б)), то весь удар по восстановлению кровоснабжения головного мозга при недостатке кровотока принимают коллатерали. Наиболее частым является увеличение 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). 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, кондидография (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.

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.

Публикация подготовлена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, проект № 1873.

NYASHIN Yurii I., D. Sc. in Eng., Prof.

Professor of the Department of Theoretical Mechanics and Biomechanics¹

E-mail: nyashin@inbox.ru

LOKHOV Valerii A., Ph. D. in Eng., Assoc. Prof.

Associate Professor of the Department of Theoretical Mechanics and Biomechanics¹

E-mail: valeriy.lokhov@yandex.ru

MESNARD Michel, D. Sc. in Eng., Prof.

Head of the Laboratory of Mechanics and Physics²

E-mail: michel.mesnard@u-bordeaux1.fr

¹Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russia

²University of Bordeaux 1, Bordeaux, France

Received 01 August 2016.

STUDY OF THE INFLUENCE OF THE DENTAL SYSTEM PATHOLOGY ON THE CEREBRAL BLOOD CIRCULATION

In Europ currently a quarter of the population suffers from brain diseases. In Russia cerebrovascular disease is one of the leading causes of death and disability. Cerebral stroke annually develops in 450 thousand peoples (about one case per minute), and one-third of them died during the acute course of the disease. Cerebral stroke incidence for people older than 50–55 years is increased twice for each subsequent decade of life. For young people, insult is dramatically increased due to the influence of various unfavorable factors of life. This disease has a variety of causes. This report analyzes the impact of diseases of dental system.

Keywords: *biomedicine, biomechanics, stroke, temporomandibular joint, Willis circle*