

ВЕСТИБУЛЯРНЫЙ РЕЗОНАНС В СТАТОКИНЕТИЧЕСКОЙ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЕ

Б.Б. Шаров

Челябинское ВВАУШ (ВИ),

**Уральский государственный университет физической культуры,
г. Челябинск**

В работе представлены новые данные по нейрофизиологии вестибулярной системы и резонансе, возникающем при самостимуляции ампулярных рецепторов вестибулярного аппарата. Феномен получен с применением устройств, не имеющих аналогов в отечественной и зарубежной практике.

Вестибулярный аппарат – парный симметричный орган, составляющий часть внутреннего уха и состоящий из трех полукружных каналов и преддверия. Представляет собой сложную полифункциональную систему, воспринимающую воздействие линейных угловых и Кориолисовых ускорений. Его рецепторы постоянно сигнализируют о положении гравитационной вертикали и различных перемещениях человека, обеспечивая при этом не только ориентацию, но и перераспределение мышечного тонуса [3].

Вестибулярный аппарат имеет обширные нервные связи с мозжечком, стволом мозга и различными зонами коры больших полушарий, особенно с двигательной. Эти связи обеспечивают интеграцию информации, поступающей от периферических рецепторов, что позволяет регулировать положение тела в пространстве.

Уникальное строение вестибулярных рецепторов, особенности передачи информации в центральных структурах, функциональное влияние ее практически на все системы организма определили повышенный интерес физиологов, невропатологов, авиационных врачей и других специалистов к проведению дальнейших работ в этой области нейрофизиологии.

Неслучайно три основных направления определяют актуальность, теоретическую и практическую значимость в изучении данной проблемы.

Во-первых, имеются в виду фундаментальные исследования физиологии органов чувств, чему в настоящее время уделяется все большее внимание как одному из центральных вопросов современной нейрофизиологии. Здесь вестибулярные проблемы представляют особый интерес, и любые новые факты имеют большую значимость.

Во-вторых, клинико-прикладное направление. Больные с нарушениями вестибулярной функции являются самыми сложными для диагностики и лечения.

Поэтому совершенствование методов исследования, новые факты по вестибулярной физиологии и патфизиологии способствуют успеху не

только в клинической вестибулологии, но и других клинических дисциплин.

В-третьих, с вестибулярной функцией связывают механизм синдрома укачивания. Ее функциональное состояние является одним из существенных моментов успешного осуществления операторской, спортивной и других видов деятельности. Высокая вестибулярная устойчивость является показателем резервных возможностей организма, способствует успешно вырабатывать и поддерживать двигательные навыки, осваивать программу летного обучения, стабилизирует спортивную деятельность.

В последние десятилетия фундаментальные науки претерпели значительные изменения. Эти процессы произошли и в таких областях научного знания как антропология и физиология человека.

Развивая творчески функциональный системный подход П.К.Анохина в изучении вестибулярных процессов, специалисты ввели понятие статокинетической функциональной системы [1].

Согласно современной научной концепции установлено, что в основе устойчивости человека к внешним воздействиям при активном и пассивном перемещении в пространстве лежит оптимальное функционирование статокинетической функциональной системы.

Указанная система осуществляет ориентацию человека в пространстве, обеспечивает поддержание равновесия в статике и динамике, локомоторные функции и коррекцию произвольных движений. Энергетическое обеспечение двигательных актов, а также оптимальное функционирование жизненно важных органов.

Вестибулярный аппарат не имеет прямого выхода на эффекторные исполнительные органы и является одним из важнейших входов статокинетической системы. Это многомерный биологический усилитель и преобразователь механической энергии угловых и линейных ускорений в сигналы о положении и движении головы и тела в пространстве. Совместно с эффекторными органами он образует сложную многоуровневую систему

управления положениями головы, тела и перераспределения мышечного тонуса.

СтатокINETическая функциональная система – динамическая саморегулирующая организация избирательно объединяющая периферические и центральные органы для достижения приспособительного результата, т.е. цели в поведенческой деятельности человека.

Известно, что основная функция лабиринта у высших животных заключается в содействии зрению. Любой оптический прибор должен быть жестко фиксирован, чтобы он мог эффективно действовать, и глаз не представляет исключения в этом отношении. Кинокамера, укрепленная на голове бегущего человека, будет давать очень смазанные изображения, глаз же в этих условиях прекрасно работает, так как движения головы автоматически и очень точно компенсируются соответствующими движениями глаз. К сожалению, мы очень мало знаем относительно вестибулярной функции человека при естественных условиях стимуляции. Полукружные каналы и отолиты выступают, по существу, в качестве участников двигательных функций, однако степень их участия довольно трудно определить. После путешествия по бурному морю, когда пассажиры сходят на твердую землю развиваются галлюцинации движения, похожие на те ощущения, которые они испытывали на борту корабля. Такое последствие может сохраняться несколько часов. Возможно, что противодействующие качке сигналы, генерируемые центральными структурами, сохраняются некоторое время после прекращения истинного движения. Однако трудно представить, каким образом может быть заучено такое нерегулярное движение как качка корабля. Поэтому адаптация к вестибулярным стимулам может оказаться весьма важной моделью для исследования процессов обучения.

В настоящее время в научно-исследовательской работе, а также в практических целях применяют различные устройства и автономные динамические стенды для изучения чисто вестибулярных и статокINETических процессов. В зависимости от конструкции, устройства и АДС позволяют осуществлять дозированное раздражение отолитов, полукружных каналов или комплексно воздействовать на все сенсорные элементы и входы статокINETической системы. Несмотря на все достижения в вопросе изучения статокINETической системы и патогенеза «болезни движения» данная проблема далека от окончательного завершения. Существующие методики, применяющиеся в практике отбора, основанные на воздействии ускорений Кориолиса нередко вызывают негативную реакцию обследуемых. Их сложно применять в детском возрасте или при реабилитации. Кресла и устройства с программным управлением, применяющиеся в клинической практике, создают «шадящие» нагрузки. Существенным недостатком данных устройств является «габитуация», сопро-

вождающаяся угасанием «важнейшей» физиологической реакции нистагма [2].

В целях преодоления указанных недостатков нами совместно с А.П.Мещеряковым была разработана «шадящая» адекватная методика «самостимуляции» сенсорных рецепторов вестибулярного аппарата (АС №№ 7075 562266 и 1264903 Лысак Д.С., Черединов М.Н., Шаров Б.Б.). Это достигается тем, что степень стимуляции ампулярных рецепторов определяется функциональным состоянием обследуемого, путем включения обратной связи биопотенциалов оптокинетического и вестибулярного нистагма.

Обследуемый помещается в кресло и закрывает глаза. С помощью электродов, закрепленных в переоРбитальной области, усиленные биопотенциалы, возникающие в состоянии покоя от дрейфа глаз, подаются на вход усилителя. Это приводит к первоначальному повороту кресла и возникновению углового ускорения, воздействующего на ампулярные рецепторы и появлению первого нистагма. Биопотенциалы нистагма через усилитель поступают в блок обработки информации. Управляющее воздействие пропорциональное скорости медленного компонента нистагма обеспечивает вращение кресла и тем самым «самостимуляцию» ампулярных рецепторов. За счет включения в цепь обратной связи информации о скорости медленного компонента. Процесс изменения степени стимуляции определяется функциональными возможностями организма обследуемого и не зависит от желания и воли как исследователя, так и обследуемого.

Падение интенсивности реакции приводит к замедлению вращения стенда, возникновению отрицательного углового ускорения и стимуляции другого симметричного лабиринта. Что сопровождается появлением нистагма противоположного направления с переходом вращения в другую сторону. Процесс «самостимуляции» обычно прекращают через 2–3 минуты. Установлено, что он может продолжаться 30 и более минут и нистагм при таких продолжительных вращениях не угасает.

Суть феномена, на котором основана «самостимуляция» заключается в том, что вестибулярная система при условии положительной обратной связи между реакцией (нистагмом) не выходе и стимулом на входе (изменением угловой скорости вращения) способна входить в автоколебательный режим. Что и сопровождается волновыми пакетами неугасающего нистагма или определяя точнее – «вестибулярным резонансом» как функциональным явлением, возникающим в статокINETической функциональной системе при «самостимуляции» ампулярных рецепторов лабиринта.

Термином «вестибулярный нистагм» обозначают ритмичную окуломоторную реакцию, возникающую в ответ на стимуляцию ампулярного отдела ушного лабиринта. При этом колебания глаз содружественны и состоят из ритмичного чередо-

вания противоположно направленных быстрых и медленных поворотов глаз. Нистагм считается объективным, развернутым классическим феноменом, который прекрасно наблюдается и оценивается количественно. Нистагм представляет собой сложную глазодвигательную реакцию, возникающую в результате взаимодействия зрительной, самотической и вестибулярной систем, при активном участии структур большого мозга, стволовой части и других структур центральной нервной системы. Реакция существенно зависит от всего функционального состояния организма. При оптимальном состоянии реакция носит четкий фазно-тонический характер и состоит из быстрой и медленной фаз, при этом «вестибулярный резонанс» выражен. При пессимальном состоянии, утомление или переходные функциональные состояния, наблюдающиеся у здоровых лиц, его ритмичность нарушается, он может приобретать тонический характер. Что значительно изменяет форму «вестибулярного резонанса» или сопровождается его отсутствием.

Найдена интересная закономерность, важная в том отношении, что симметричность нистагменных реакций коррелирует с устойчивостью организма к укачиванию и может рассматриваться как прогностически благоприятный признак. Несимметричность, напротив, свидетельствует, что лица, у которых она выражена, подвержены «болезни движения».

Следует отметить, что самостимуляцию и резонанс можно получить в двух вариантах при проведении вестибулярных исследований.

В первом варианте его можно назвать пассивным или статическим, обследуемый находится в кресле с закрытыми глазами. Контур связи стимул-реакция носит классический закрытый характер. Во втором варианте такой же процесс можно получить при активном участии обследуемого, применяя автономный динамический стенд «Волчок» (АС 29789 Алексеев В.Н., Каспранский Р.Р.). Основным преимуществом данного АДС, по сравнению с традиционными стационарными стендами, является возможность самостоятельно дозировать с помощью педального привода вестибулярные нагрузки, осуществляя при левосторонних и правосторонних вращениях регистрацию нистагма. При использовании «Волчка» происходит активное дополнительное включение в контур тренировочных воздействий двигательного анализатора, как составной части статокинетической системы. Активное регулирование величин вращательного стимула и своего перемещения на вращающемся стенде является положительным фактором, влияющим на эффективность повышения устойчивости к укачиванию. Обследуемый самостоятельно дозирует вестибулярную нагрузку по своим ощущениям и

осуществляет динамический вестибулярный резонанс при самовращениях.

Следует отметить, что этот интересный феномен довольно хорошо иллюстрирует нам фундаментальные природные взаимодействия, такие как гравитация и инерция [4, 5].

Резонанс возникает при вращениях стенда относительно гравитационной вертикали с ориентацией обследуемого с положением «верх или низ». В данных условиях механическая сила инерционной результирующей, возникающая при изменении угловой скорости вращения (ускорения) адекватно стимулирует ампулярные рецепторы горизонтальных полукружных каналов лабиринта, что приводит к возникновению нистагма, который включен в контур обратной связи, обеспечивая «самостимуляцию».

Резонанс свидетельствует, что афферентный вход статокинетической функциональной системы работает в нормальном режиме. И афферентный синтез осуществляется согласно внутренней архитектонике всей системы.

Методика может применяться для определения переходных функциональных состояний с учетом решения проблем, связанных с «человеческим фактором».

Большие возможности её применения заключаются в использовании «теста» в тренировочных целях, поскольку она не вызывает негативных явлений и является «щадящей». Она может применяться и при профотборах. А также в клинической диагностике и в условиях реабилитации, особенно при детензортерапии.

Естественно, что данное явление не настолько простое, и разработка появилась в связи с проведением многолетних работ с Институтом авиационной и космической медицины и ЦПК им. Ю.А. Гагарина, в результате проведения исследований на летчиках, космонавтах и спортсменах на основе интеграции научных знаний.

Стык наук порождает известные трудности, но они умножают эмпирические данные и говорят о том, что нам предстоит еще много узнать.

Литература

1. Янов, Ю.К. *Начало системного анализа в клинической и экспериментальной вестибулологии* / Ю.К. Янов, В.С. Новиков. – СПб.: Наука, 1997. – 238 с.
2. Левашов, М.М. *Проблемы космической биологии* / М.М. Левашов. – Л.: Наука. – Т. 50. – 1984. – 220 с.
3. Шипов, А.А. *Биомеханика вестибулярного аппарата* / А.А. Шипов, А.В. Кондрачук. – М.: Наука, 1997. – 199 с.
4. Магнус, Р. *Установка тела* / Р. Магнус. – М–Л., 1962. – 624 с.
5. *Космическая биология и медицина*. – М.: Наука, 1994. – Т. 3, кн. 1 – 521 с.