

К.Ф. Тринус

ГП «Санаторий «Конча Заспа», ГНУ «Научно-практический центр профилактической и клинической медицины», Украина

Концепция вестибулярного анализатора

Контакты: Константин Федорович Тринус trinus.konstantin@yandex.ua

Contact: Konstantin Fedorovich Trinus trinus.konstantin@yandex.ua

Два симптома — головокружение и головная боль — являются самыми распространенными в современной медицинской практике. Более 20% населения в возрасте от 18 до 65 лет беспокоит головокружение, в половине этих случаев отмечается периодически возникающее снижение трудоспособности [1]. В США головокружение является 3-й по частоте причиной обращений к врачу после боли в груди и общей слабости у лиц пожилого возраста.

Головокружение рассматривают не как отдельное заболевание, а как симптом, который может проявляться самостоятельно, сопровождать какое-то заболевание или группу заболеваний. Некоторые авторы считают такое определение нечетким [2]. Коррекция патологии, связанной с головокружением, как правило, приводит к значительному улучшению общего состояния больного.

Обычно головокружение сопровождается отрицательным эмоциональным восприятием происходящего: страхом смерти, высоты, открытых и закрытых пространств. Многие пациенты относят к головокружению и такие состояния, как ощущение невесомости, потемнения в глазах, предобморочные состояния [3], а некоторые авторы — общее онемение [4]. Зачастую врачи не уделяют этиологии головокружения достаточного внимания, расценивая состояние больного как вегетативные, дистонические, дисциркуляторные, астенические или эмоциональные расстройства [5]. У многих препаратов, предназначенных для лечения головокружения, само головокружение числится в списке побочных эффектов [1].

Около 12% населения в мире страдает от приступов мигрени и более 90% периодически испытывает головную боль [6]. Несмотря на значительную распространенность, головная боль нередко резистентна к терапии, часто сопровождается снижением трудоспособности [4].

Все это вызвало необходимость изучения данных литературы, посвященных вестибулярному анализатору, и в результате привело к созданию предлагаемой концепции вестибулярной системы.

Концепция вестибулярной системы охватывает понятия датчиков вестибулярной периферии (лабиринт), тетраду органов чувств, участвующих в ориентации в пространстве, вестибулярные проекции в мозге и вестибулярные представительства в коре мозга [7, 8].

Лабиринт

Каждый анализатор состоит из периферического органа чувств и его проводящих путей к проекционным зонам коры больших полушарий. При этом орган чувств нередко состоит из нескольких датчиков, дифференцированно обеспечивающих высокую чувствительность к стимулам данной модальности. С этой точки зрения вестибулярный орган оказывается уникальным по нескольким причинам. Его перифери-

ческий отдел представляет собой серию закрытых пространств, в которых заключены рецепторные образования. В мешочках (утрикулосе, саккулосе и лагене) расположены макулы с отолитами, в ампулах полукружных каналов — кристы и купулы. Макулы состоят из отолита и сенсорного эпителия. Первый представляет собой массу мелких кристаллов (отоконий), конгломерата, соединенного с отокоНИЕВЫМИ мембранами — тонкими протеиновыми тяжами. Купулы отличаются от отолитов отсутствием неорганической составляющей, напоминают парус, перекрывающий большую часть разреза ампулы канала. Принцип вестибулярной функции заключается в том, что масса, укрепленная на пружине, отклоняется пропорционально приложенному ускорению. Расположение макул и купул таково, что они перекрывают все возможные направления движения, как угловые, так и линейные. Воспринятый сигнал кодируется в паттерн спаيفков, потенциалов действия, который в свою очередь передается в ЦНС. Кроме того, изменения напряженности гравитационного поля — гипо-, гипергравитация, невесомость, а также отношение головы к направлению гравитационных силовых линий, — оцениваются названными структурами [9]. Датчик гравитации реагирует не только на положение головы по отношению к оси гравитации, но и на изменения гравитации вследствие перемещения небесных светил. Эти изменения оказываются достаточными, чтобы вызвать приливы и отливы огромных масс воды в океанах. А многие пациенты жалуются на усиление головной боли, приступы головокружения, бессонницу, тревогу в период полнолуния [8].

В последние годы обратили внимание на особенности микроструктуры лабиринтов. К ним относят макулярные лассинии, названные также «незначительными макулами», которые впервые обнаружили у рыбок [10]. Они отличаются от обычных макул отсутствием отоконий. У цилий волосковых клеток в этих структурах оказалась наиболее переменная длина. Данная особенность позволила исследователям предположить, что описанные структуры являются морфологической структурой ощущения общей низкочастотной вибрации. Восприятие вибрации как отдельной модальности особенно важно для рыб и рептилий, у которых такие стимулы могут служить предупреждением о приближении врага или опасности. Среди млекопитающих незначительные макулы описаны у семейства кошачьих, а также у людей [11] (рис. 1).

Показано, что лабиринт воспринимает слуховые сигналы. У лиц с разрушенной улиткой зарегистрирована плоская аудиограмма от инфразвука до 16 кГц при пороге чувствительности 30–40 дБА [12, 13]. Предполагают, что тонкие параметры звука (частоту, направление, мелодию) воспринимает орган слуха, тогда как его эмоциональное значение — лабиринт. Резкие громкие звуки вестибулярный ор-

ган оценивает как сигнал опасности, а мелодические, например народную или классическую музыку, — как приятную эмоцию [8].

Обсуждается значение факта обнаружения магнитных частичек в отолитах рыбок [14]. Магнитные включения находят также в лабиринтах [15] и этмоидальных пазухах черепа млекопитающих [16]. Есть предположение, что в организме живых существ имеются магнитные анализаторы, причем в макуле расположен анализатор магнитного импульса, поскольку она является динамической системой.

Магнитные включения в этмоидальной кости могут выполнять функциональную роль датчика направления силовых магнитных линий Земли, так как данная система является стационарной [16]. В ответ на магнитные стимулы возможны выработка и запоминание условных рефлексов [17]. Мы зарегистрировали вызванный потенциал в ответ на магнитный стимул [18], что может быть еще одним доказательством идеи наличия магнитного анализатора в мозге человека. В таком случае становятся понятными метеочувствительность (тучи несут значительные электромагнитные заряды), плохое самочувствие во время магнитных бурь и другие виды патологии, связанной с электромагнитными излучениями [8].

Немаловажно и то, что животные с энуклеированными лабиринтами перестают реагировать на эметики [19]. Более того, анализ данных литературы показал, что именно вестибулярная система наиболее чувствительна как к неорганическим [20], так и к органическим токсинам [21]. Многие промышленные токсины вызывают нарушения вестибулярной функции в концентрациях, которые не влияют ни на одну другую функцию организма. Интересно, что химические восстановители повышают вестибулярную чувствительность, а окислители — понижают ее [22].

Механизм этого явления раскрыт в исследованиях вестибулярного органа моллюсков. Перфузия цилий его волосковых клеток восстановителями вызывала повышение жесткости цилий, а окислителями — ее понижение. В обоих случаях изменялся характер механо-электрического преобразования [23]. Чувствительность волосковых клеток к изменениям окислительно-восстановительного потенциала превышает чувствительность всех других тканей на 2—5 порядков [24, 25]! Представленные данные указывают, что вестибулярный анализатор может дополнительно играть роль датчика метаболизма (состояния окислительно-восстановительных процессов) в организме. Отсюда становится понятной корреляция между вестибулярной чувствительностью и устойчивостью к радиации [26]. При попадании токсина в организм, датчик, расположенный в лабиринте, включает все механизмы эвакуации токсина из организма [21, 27].

Таким образом, можно предположить, что лабиринт представляет собой сложный набор датчиков, для которых адекватными являются шесть модальностей стимулов [7]: 1) ускорения; 2) гравитация; 3) низкочастотные вибрации; 4) звуки, включая инфразвук; 5) магнитные импульсы; 6) метаболические стимулы.

Сенсорная тетрада восприятия пространства

Следующим вопросом, заслуживающим внимания, является восприятие пространства мозгом. Ролевое значение анализаторов выясняли при помощи электрофизиологических методов. Показано, что уже на уровне вестибулярных ядер ромбовидной ямки присутствует информация от других

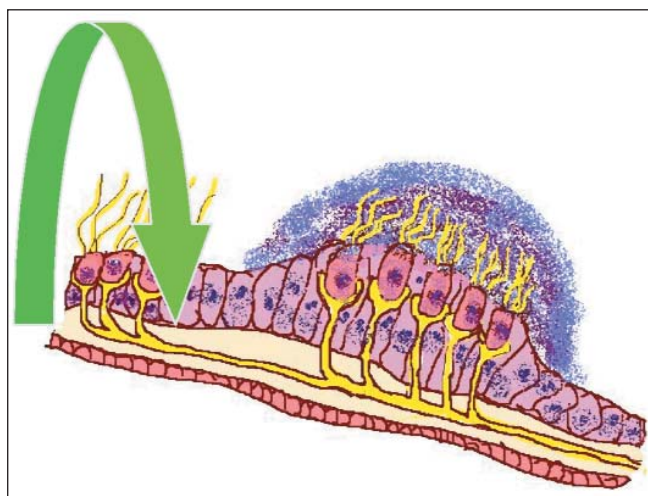


Рис. 1. Низкочастотные вибрации и инфразвук воспринимаются ласиниями (незначительными макулами)

сенсорных систем. В 28% случаев вестибулярные нейроны, отвечающие на возбуждение горизонтального полукружного канала, реагировали также на слуховые и соматосенсорные стимулы. Реакция всегда заключалась в увеличении частоты импульсации. Латентные периоды этих ответов находились в интервале от 5 до 40 мс, что указывает как на олигосинаптические, так и на полисинаптические пути [28]. Нейроны вестибулярных ядер реагировали также и на зрительные стимулы (65% клеток, реагировавших на линейные ускорения). Этот вход оценили как полисинаптический. Сочетание зрительных стимулов и линейных ускорений приводит к сдвигу фазы в сторону максимальных ускорений [29]. Более того, в этой зоне обнаружены нейроны (около 24%), реагирующие на пассивные движения глаз, т. е. от проприорецепторов глазодвигательных мышц. Латентные периоды названных ответов составляют от 6 до 30 мс, показывая, таким образом, наличие нескольких проводящих путей с разным количеством синаптических переключений [30].

На стимуляцию роговицы с достаточно короткими латентными периодами (6—16 мс) реагирует 14% нейронов ядра Дейтерса. Это дает основание предположить наличие специальных связей роговицы со спинальной двигательной системой, а также с вестибулярной. Такой комплекс, вероятно, выполняет координирующую роль, являясь основой ноцицептивного рефлекса, защитного механизма глаз и лица [31]. Исследования многих других рефлексов показали возможность их формирования в структурах ромбовидной ямки [32].

Первичный координирующий вестибулярный ассоциативный центр ромбовидной ямки расположен в месте стыка латеральной части медиального вестибулярного ядра, медиальной порции латерального вестибулярного ядра и нисходящего вестибулярного ядра. Среди прочих связей данные физиологических исследований указывают на тесные контакты этой зоны с близлежащими вегетативными центрами, регулирующими перераспределение крови, частоту сердцебиений и т. д. при наклонах, вставании и локомоции [33]. Поэтому многие ортостатические проблемы могут быть связаны с дисфункцией именно данного участка мозга [8]. В восприятии пространства важнейшую роль играют и выходящие структуры мозга — медиальный продольный пучок и четверохолмие, — в которых происходит опре-

деление направлений [34]. Следующим является хвостатое ядро на уровне подкорки [35]. Узнавание предметов (практис, гнозис, когницио) является корковой функцией [36]. Повреждение названных структур приводит к полной дезориентации в пространстве.

Анализ вклада сенсорных входов в функцию нейронов ромбовидной ямки показал наибольший вклад соматосенсорной и зрительной систем и меньший — слуховой. Принято считать, что восприятие пространства формируется триадой сенсорных систем — зрительным, соматосенсорным и вестибулярным анализаторами [37]. Идею триады восприятия пространства заложена в целом диагностическом направлении — постурографии [38]. В то же время предложено рассматривать сенсорную тетраду (с участием функции слуха) как необходимый минимум для ориентации в пространстве и координации движений [34].

Постурография — регистрация движений центра массы при выполнении ряда тестовых заданий [38]. Идея методического подхода основана на измерении массы тела. Но в отличие от напольных весов в постурографической платформе имеется 3, реже — 4 тензодатчика. Изучают не абсолютную массу тела, а ее перераспределение при раскачивающихся пациента в ходе выполнения тестовых заданий.

Больному предлагают ровно стоять на платформе, как это показано на рис. 2. В это время врач получает информацию о перемещениях центра массы тела пациента.

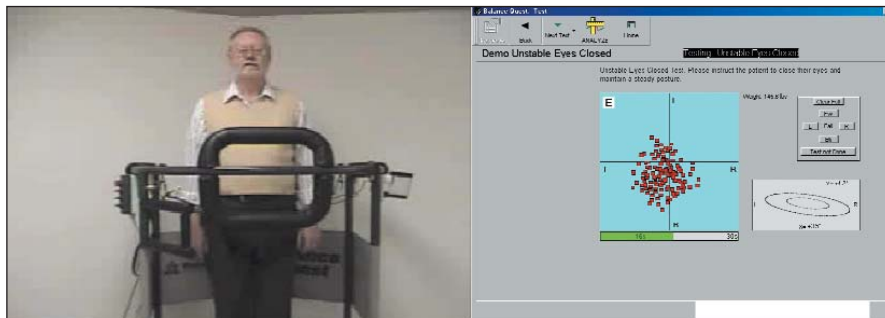


Рис. 2. Выполнение постурографии

Больному предлагают исполнить три процедуры длительно по 20 с каждая: 1) стояние с открытыми глазами на стабильной платформе; 2) стояние с закрытыми глазами на стабильной платформе; 3) стояние с открытыми глазами на стабильной платформе с помехой зрению (больному демонстрируют движущуюся картинку).

Затем платформу опускают, и она оказывается подвешенной на трех пружинах. Повторяют указанные тесты. Дальнейшая компьютерная обработка площадей смещения центра массы и пиковых скоростей резких движений позволяет оценить состояние отдельно соматосенсорной, зрительной и вестибулярной функции, а также зависимость от зрения в процентах от нормы.

Описанная процедура разработана L.M. Nashner и F.O. Black [39, 40], в дальнейшем ее использовали многие исследователи [1]. Следующий шаг был предложен этими же авторами на основании идеи C.F. Claussen о сенсорной тетраде [34].

Таким образом, становится очевидным, что использование понятия сенсорной тетрады Claussen [34] вместо сенсорной триады L.M. Nashner и соавт. [37, 40] может дать до-

полнительную информацию о нарушении функции восприятия пространства.

Следующим вопросом в проблеме взаимодействия систем является «невестибулярное головокружение» [41], например «возникающее где-то в глазах» [4].

Вероятно, именно интегративная функция вестибулярного анализатора и определяет понятие вестибулярной системы, а именно тесных связей анализатора с исполнительными системами и особенности его коркового представительства.

Вестибулярные проекции мозга

Связи лабиринта со структурами ЦНС очень сложные. Выделяют несколько групп таких связей: 1) вестибулоторковую; 2) вестибуломоторную; 3) вестибуловегетативную [42]; 4) вестибулолимбическую [43] проекции.

Вестибулоторковая проекция представляет собой собственно анализатор в его физиологическом понимании. Главной его функцией в нормальных условиях является восприятие пространства (вертикали), движения и времени. Мерой, количественно характеризующей движение, воспринимаемое вестибулярной системой, является порог чувствительности субъекта исследования [44]. Исследования субъективных ощущений в области порога чувствительности позволили выявить три типа ощущений: недискриминированные, инвертированные и дискриминированные, являющиеся фундаментальным признаком движения независимо от направления [45]. Количественной мерой гравитационной функции является ощущение вертикали, которое определяют в полной темноте [46].

В случаях интенсивных движений, изменений метаболизма, воздействия магнитных импульсов или патологии в этой проекции формируются ощущения неясного головокружения (dizziness) или истинного головокружения (иллюзии движения — vertigo). Неясное головокружение (головокружение в общем понимании) обозначают как нарушение восприятия пространства и движения [47].

Некоторые авторы [3, 34] в структуре головокружения выделяют также ощущение невесомости (легкости в голове — light-headedness), потемнений (black-outs), предобморочные состояния (faintness), конфузии (confusion), онемение (numbness), клаустрофобию и синкопе. Такое разнообразие ощущений может быть объяснено наличием нескольких проводящих путей к коре. A.N. Kehaiov [48] предложил доказательства того, что расстройства восприятия времени следует рассматривать как проявления головокружения. Вместе с тем истинное головокружение рассматривают как иллюзию несуществующего движения. Чаще оно бывает ротаторным, хотя может быть линейным, колебательным из стороны в сторону или вперед-назад [49].

Исследование нарушений вестибулярной функции позволило нам выделить 20 типов головокружений и связанных с ним симптомов [50].

Головокружение в общем понимании следует определить как нарушение восприятия пространства, движения [34, 47] и времени [48]. Больные указывают на трудности при вождении автомобиля, им сложно определить, когда можно сделать левый поворот. Понятие «несистемное голо-

вокругение» в настоящее время мало употребляется в иностранной литературе, поскольку показано, что все типы головокружений формируются в вестибулярной системе [51].

Эксперты ВОЗ выделили два типа истинного головокружения: *объективное головокружение* — ощущение, что предметы движутся вокруг больного, и *субъективное* — иллюзия несуществующего движения, когда больной чувствует, что вроде бы движется он сам [4]. В неврологии встречается также псевдоголовозкружение (англ. giddiness), не похожее ни на один из ранее описанных типов головокружения [37], часто оно сопровождается пароксизмальные состояния, например мигрень, отличается выраженной интенсивностью. Больные указывают на кружение «внутри головы». Нарушение координации движений иногда встречается как отдельный симптом. Больные жалуются, что их водит, шатает, «на мгновение переключилось» [49]. *Ортостатика* — дискомфортные ощущения, которые появляются при резком вставании. *Кинетоза* — комплекс симптомов, возникающий при укачивании в транспорте. *Акрофобия* — дискомфорт на высоте при взгляде вниз. *Агорафобия* (греч. — площадь) — дискомфорт на открытых людных местах, площадях, базарах, в супермаркетах. *Никтофобия* — дискомфорт, неуверенность в темноте, сумерках. *Клаустрофобия* — дискомфортные ощущения в малых закрытых пространствах. *Асцендофобия* — дискомфорт при подъеме вверх, в частности по лестнице. Больные отмечают необходимость визуального контроля. *Десцендофобия* — дискомфорт при спуске сверху, в частности по лестнице. Больные отмечают необходимость визуального контроля. *Оптокинеза* — ощущение дискомфорта, которое вызывает оптокинетическая стимуляция, движение поезда, автомобилей, моргание солнечных лучей через ряд деревьев и т.д. У одного больного нередко наблюдают сочетание нескольких названных признаков, общее количество таких сочетаний может достигать $2,43 \times 10^{18}$ [50]. Предварительные данные исследований свидетельствуют о том, что разные лекарственные средства оказываются наиболее эффективными для определенных типов головокружения. Так, танакан уменьшал число больных с неясными головокружениями с 72,95 до 20,48%. Особенно эффективным он оказался при клаустрофобии — число таких больных уменьшилось с 28,98% до лечения до 2,04% после терапии, а случаи ортостатического головокружения, на которое до лечения жаловалось 15,94% больных, исчезли совсем. По предварительным данным, ноотропил был исключительно эффективным при нарушениях координации движений. Бетагистин давал хороший результат в случаях псевдоголовозкружения (позитивный эффект наблюдался у 80,85% больных), а цикланделат — при акрофобии и оптокинезе (до лечения по 26,09% больных, а после лечения эти явления исчезли совсем); значительного позитивного эффекта удалось достигнуть у пациентов с кинетозами (до лечения — 39,10% больных, а после — 5,26%). Разные типы головокружения документируются разными видами инструментального обследования. Намечены предварительные подходы к индивидуализации терапии больных с разными типами головокружения [50].

Электрофизиологические исследования показали, что вестибулокорковая проекция состоит минимум из трех проводящих путей [52, 53]: трехнейронного — самого короткого проводящего пути в контралатеральное полушарие; пятинейронного — проводящего в ипсилатеральное полушарие и

мультинейронного — проводящего в контралатеральное полушарие. Первый путь начинается толстыми волокнами, иннервирующими большие волосковые клетки I типа, находящиеся в центральных частях периферических рецепторов [54]. Нейроны первого порядка преимущественно представляют кристаампулярные проекции. Первое переключение происходит в центральной части верхнего вестибулярного ядра. Крупные нейроны этой области посылают аксоны в вентральную заднюю область таламуса, медиальный продольный пучок, ядро Дейтерса и интерстициальное ядро Кахала. Эти нейроны второго порядка также посылают коллатерали к окуломоторным ядрам, участвуя, таким образом, в формировании нистагма, который характеризуется высокой частотой и соответствует субъективному ощущению иллюзии движения [51]. Электрофизиологические данные позволили обнаружить вестибулярные ответы в теменной коре (зоны 2, 3а и 5). Этот вход происходит от гигантских таламических нейронов, локализованных в оральной порции вентро-постеро-латерального и вентро-постеро-нижнего ядер. Эти ядра в свою очередь получают терминалы от контралатеральных верхнего, латерального и медиального вестибулярного ядер [35]. При прямой стимуляции вестибулярного нерва латентный период ответа составляет 3—5 мс [52].

Предполагают, что второй проводящий путь начинается преимущественно тонкими волокнами, иннервирующими мелкие волосковые клетки II типа и дисперсно рассеянными по периферии рецепторных структур [11, 55]. Терминалы нейронов первого порядка разбросаны по всем вестибулярным ядрам ромбовидной ямки. Проводящий путь проходит через медиальный продольный пучок, ядро Дейтерса, интерстициальное ядро Кахала, архиперебеллум, а в подкорке — через стриопалидум [35, 56]. Латентный период этого ответа — около 8 мс при прямой стимуляции вестибулярного нерва [52].

Мультинейронные проводящие пути к контралатеральному полушарию обнаружены при исследовании вестибулярных вызванных потенциалов. Кортикальный компонент пик P₂ характеризуется латентным периодом в 120 — 150 мс [44]; возможно, проводящий путь проходит через ретикулярную формацию. Активация мультинейронных путей характеризуется низкочастотным нистагмом и сопровождается неясными типами головокружения.

В электрофизиологических экспериментах установлено вестибулярное корковое представительство в передней Sylvian борозде позади от лицевой соматосенсорной зоны и впереди от слуховой коры [57]. По классификации Brodmann, это область 2V. Нейроны в области 2V характеризуются активными ответами на прямую электрическую стимуляцию лабиринтов, а также на калорические пробы. Путь этот билатеральный, но с резко выраженными контралатеральными свойствами. Другая вестибулярная корковая проекция расположена в области 3, где определяется соматосенсорная кора руки. Предполагают, что в этой области представлено сочетание вестибулярных и соматосенсорных афферентов, участвующих в координации движений, и здесь благодаря интеграции вестибулярных и проприоцептивных сигналов обеспечивается осознание ориентации тела [35].

Показано, что функциональное состояние зрительного коркового рецепторного поля может быть изменено при стимуляции отолитов. В других исследованиях стимуляция полукружных каналов влияла на фоновую импульсацию зри-

тельных нейронов коры. Вестибулокорковый путь необходим для ориентации в пространстве и вестибулярной памяти. Живые существа с удаленными лабиринтами не способны запомнить путь, по которому их транспортировали. Предполагают, что способность ориентации возможна благодаря наличию проводящего пути, проходящего через вестибулярные ядра ромбовидной ямки, крупноклеточную порцию медиального колленчатого тела и хвост хвостатого ядра [56]. При этом взаимодействие вестибулярного и зрительного входов настолько тесное, что можно предполагать наличие вестибулярного представительства в зрительной коре [35].

Установлено, что в формировании ушных шумов и шума в голове важную роль играет вестибулярный анализатор [58]. Таким образом, можно предположить вестибулярное представительство также и в слуховой коре [8].

Таламические нейроны, передающие вестибулярную информацию в теменную долю, также несут и соматосенсорные сигналы от проксимальных суставов и мышц. Необходимо также учитывать, что многие вторичные вестибулярные нейроны, получающие входы от полукружных каналов, получают и зрительную информацию. Итак, вестибулярная система является уникальной сенсорной системой, поскольку определение, например угловых движений головы, основывается на интеграции многих источников информации, включая лабиринты, сетчатку глаза, рецепторы суставов и мышц. Проблема возникает при интерпретации этих данных. Имеет ли вестибулярная система собственное корковое представительство или же оно интегрировано в другие сенсорные системы? Другое предположение — вестибулярная система, начиная с уровня ромбовидной ямки, представляет собой ассоциативный интегрирующий координатор, организующий эффективное передвижение организма в пространстве. Дополнительные доказательства этой гипотезы дает корреляционный анализ вызванных потенциалов: вестибулярных, зрительных, слуховых, соматосенсорных и ольфакторных у здоровых и больных с вестибулярными нарушениями [8].

Таким образом, особенностью вестибулярного анализатора является наличие малого по площади собственно вестибулярного представительства и вестибулярных представительств в соматосенсорной, зрительной и слуховой коре. Не исключено, что именно они могут быть анатомическим субстратом для формирования таких ощущений, как онемение, потемнение в глазах и ушные шумы.

Эффе́кторные вестибуля́рные проекции

Наиболее изучена вестибуломоторная проекция. Она состоит из проводящих путей, формирующих тонические влияния к спинальным мотонейронам, координирующим позу, локомоцию, вестибулоокуломоторные, вестибулоцервикальные и другие функции [59]. Во многих случаях эти системы срабатывают как единое целое, а рефлекторные дуги проходят через вестибулярные ядра только на уровне ствола мозга, как в случае ноцицептивных рефлексов [31]. При патологии эти проекции могут участвовать в формировании нарушений координации (невозможность координировать взаимодействие, например только пальцев или конечностей), равновесия (статическая и динамическая атаксия), раскачивания и спотыкания при ходьбе, нистагма [8, 60].

Вестибуловегетативная проекция играет важнейшую роль во все периоды жизни. Так, у новорожденных отмечается множество нарушений, в частности, дыхательных и сер-

дечных ритмов. Эти нарушения мгновенно проходят, если малыша начать покачивать [61]. Оптимальными оказываются продольные покачивания, синхронизированные с частотой дыхания матери, что указывает на важность этого фактора, начиная с ранних этапов развития плода. Врожденные аномалии вестибулярной системы приводят к развитию серьезных заболеваний, например подобных аутизму, которые проявляются снижением двигательной активности, умственной отсталостью и нарушением функции многих внутренних органов. Покачивание больного ребенка приводит к уменьшению симптоматики [62]. Обсуждается вопрос о том, что адекватная вестибулярная стимуляция оптимизирует как физическое, так и интеллектуальное развитие ребенка [63]. Некоторые режимы стимуляции вестибулярного анализатора способствуют улучшению здоровья и взрослых. Покачивание больных в реанимационном отделении может предупреждать пролежни. Вестибулярная стимуляция ускоряет выздоровление после инфаркта миокарда [64]. Позитивные эффекты упражнений, стимулирующих вестибулярный анализатор, общеизвестны. В то же время чрезмерная вестибулярная стимуляция вызывает так называемую кинетозу — серьезное нарушение вегетативной функции. Симптомы кинетозы и интоксикации идентичны [21, 27], что указывает на близость механизмов их формирования. Особого внимания при этом заслуживают вестибулярные проекции к дыхательным мышцам и желудку. Перевозбуждение рецепторов лабиринта приводит к активации дыхательных мышц, мышц передней брюшной стенки, изменению моторики желудка и кишечника. Биологический смысл такого феномена может быть понятен с позиций датчика метаболизма. Появление продуктов, изменяющих метаболизм, определяется датчиком, далее включаются механизмы, направленные на удаление токсина из организма: рвота, диарея, полиурия, интенсивное дыхание, потливость и т. д. Становятся понятными корреляции между вестибулярной дисфункцией и сосудистыми спастическими расстройствами, аллергией, мигренью, сердцебиением [65, 66]. Именно вестибулярные ядра ромбовидной ямки осуществляют первичную регуляцию тонуса сосудов при вставании [33]. Именно их патология может приводить к ортостатическому головокружению [8].

Мало изученными, но очень важными являются связи лабиринтов с эмоциональной сферой. Показано, что некоторые ритмы электроэнцефалограммы (ЭЭГ), генерируемые инициально в гиппокампе, исчезают при энуклеации лабиринтов [43]. Вестибулолимбические реакции являются новой областью исследований, но общеизвестно, что у здоровых вестибулярная стимуляция улучшает настроение. В патологических условиях больные с вестибулярными нарушениями жалуются на проблемы психоэмоциональной сферы: депрессии, фобии и кошмары, нарушения пищевого, питьевого и сексуального поведения. Коррекция вестибулярной функции в большинстве случаев приводит к изменению поведения и стиля жизни больных [67].

Нарушения в указанных проекциях могут обладать достаточно выраженной автономностью, например в случаях кинетозы выраженность симптоматики в одной из проекций не обязательно совпадает с ее выраженностью в других [42]. В то же время в динамике отдаленных последствий вестибулярного расстройства последовательность патологических процессов достаточно четко детерминирована. Она начинается в вестибулокорковой проекции, переходит в мо-

торную и эмоциональную сферы и, наконец, захватывает вегетативную проекцию [8].

Обращает на себя внимание огромное разнообразие симптомов, связанных с вестибулярными нарушениями, — расстройства функции внутренних органов, мигрень, сердечно-сосудистые заболевания, за которыми не видна их истинная причина. В связи с этим очень важна правильная диагностика вестибулярных нарушений, которые и привели к развитию болезни.

Среда обитания современного человека изменилась. Среди факторов прогресса — скорости, вибрации, шумы, магнитные излучения, химические агенты и информационные нагрузки, — все они действуют на вестибулярную систему. Это значит, что ее значение в жизни человека увеличивается. Поэтому задача врача — не просто лечение больного, но и коррекция его стиля жизни с учетом положительных и отрицательных факторов прогресса.

ЛИТЕРАТУРА

- Desmond AL. Vestibular function: evaluation and treatment. New York, Stuttgart: Thieme, 2004;228 p.
- Brumback RA., Claudet RR. Neurology and clinical neuroscience. Oklahoma notes, 1996;186 p.
- Brandt T. Vertigo: its multisensory syndromes. London: Springer-Verlag, 1991;329 p.
- The Merk Manual of Diagnosis and Therapy. Berkow R. (Ed.-in-Chief). New York: Merk & Co. Inc. Rahway, 1992;2844 p.
- Вейн А.М., Колосова О.А., Варакин Ю.А. и др. Эпидемиология вегетативных расстройств — синдрома вегетативной дистонии — и особенности ее при цереброваскулярной патологии. Журн невропатол и психиатр им. С.С. Корсакова 1991;11:11—4.
- Harker LA. Migraine. In: Neurootology. Jackler RK & Brackmann DE (Eds.). Mosby: St.Louis, Baltimore, Boston 1994;463—9.
- Тринус К.Ф. Вестибулярный анализатор и его роль в жизнедеятельности человека. Врач дело 1988;6:108—13.
- Trinius KF. Dizziness and related symptoms. E-handbook for postgraduate medical education. Kyiv, LITA Corp., 2010;677 p.
- Rossini L., Izzo D., Summerer L. Braine-machine interfaces for space applications. In: Engineering in medicine and biology society. 2009;520—3.
- Platt C. The periferal vestibular system of fishes. Fish Nerobiol Behav. R.G. Northcutt, R.E. Davis (eds.). Ann Arbor: Univ Michigan Press, 1981;89—123.
- Gacek R.R. The anatomical-physiological basis for vestibular function. In: Nystagmus and vertigo: Clinical approaches to the patient with dizziness. V. Honrubia (Ed.). New York: Academic Press Inc, 1982;3—23.
- Cazals Y., Aran J.-M., Erre J.-P. et al. Vestibular acoustic reception in the guinea pig: a saccular function? Acta Otolaryngol 1983;95:211—7.
- Shall M.S. The importance of saccular function to motor development in children with hearing impairments. Int J Otolaryngol 2009;9:725—65.
- Vilches-Troya J., Dunn R.F., O'Leary D.P. Relationship of the vestibular hair cells to magnetic particles in the otolith of the guitarfish sacculus. J Comp Neurol 1984;226:489—94.
- Santos-Sacci J., Marovitz W.F. A ferritin-containing cell type in the stria vascularis of the mouse inner ear. Acta Otolaryngol 1985;100(1):26—32.
- Baker R.R., Mather J.G., Kennaugh J.H. Magnetic bones in human sinuses. Nature 1983;301(5895):78—80.
- O'Leary D.P., Vilches-Troya J., Dunn R.F., Campos-Munos A. Magnets in guitarfish vestibular receptors. Experientia 1981;37(1):86—7.
- Trinius K. Evoked potentials recorded in response to magnetic stimulation. Przegląd Wojskowo-Medyczny 2001;(Suppl. 1):43—66.
- Money K.E., Cheung B.S. Another function of the inner ear: facilitation of the emetic response to poisons. Aviat Space Environ Med 1983;54(3):208—11.
- Ozawa H., Ishikawa S., Mukuno K. Balance study of methyl mercury poisoning. Vestibular and visual control on posture and locomotor equilibrium: 7th Int. Symp. Int. Soc. Postulography. M. Igarashi, F.O. Black (eds.). Basel: Karger, 1985;302—8.
- Ishikawa S., Ozawa H., Aoki S. et al. Disturbed balance in chronic organophosphate intoxication. Vestibular and visual control on posture and locomotion equilibrium. 7th Int. Symp. Int. Soc. Postulography. M. Igarashi, F.O. Black (Eds.). Basel: Karger, 1985;295—301.
- Tham R., Bunnfors I., Eriksson B. Vestibulo-ocular disturbances in rats exposed to organic solvents. Acta Pharmacol Toxicol 1984;54:58—63.
- Stommel F.W., Stephens R.E., Alkon D.L. Motile statocyst cilia transmit rather than directly transduce mechanical stimuli. Cell Biol 1980;87:652—62.
- Торчинский Ю.М. Сера в белках. М.: Наука, 1977;302 с.
- Karlin A. Chemical modification of the active site of the acetylcholine receptor. Gen Physiol 1969;54(1):245—54.
- Григорьев Ю.Г., Степанов В.С. Соотношение между состоянием вестибулярного анализатора кроликов и их индивидуальной радиочувствительностью при облучении в дозе 150 Гр. Радиобиология 1983;23(4):549—51.
- Пул С.Л., Никогосян А. Результаты медико-биологических исследований в испытательных полетах по программе «Спейс шаттл». Косм биол авиакосм мед 1984;18(1):45—57.
- Bricout-Berthout A., Caston J., Reber A. Influence of stimulation of auditory and somatosensory systems on the activity of vestibular nuclear neurons in the frog. Brain Behav Evol 1984;24:21—34.
- Horn K.M., Miller S.W., Neilson H.C. Visual modulation of neuronal activity within the rat vestibular nuclei. Exp Brain Res 1983;52:311—3.
- Ashton J.A., Boddy A., Donaldson I.M.L. Input from proprio-receptores in the extrinsic ocular muscles to the vestibular nuclei in the giant toad, Bufo marinus. Brain Res 1984;53:409—19.
- Mackert A., Kasper J., Thoden U. Responses to corneal stimulation in vestibulospinal units of nucleus Deiters. Exp Neurol 1984;83:24—32.
- Jaju B.P., Wang S.C. Effects of Diphenhydramine and Dimenhydrinate on Vestibular Neuronal Activity of Cat: A Search for the Locus of Their Antimotion Sickness Action. J Pharmacol Exp Ther 1971;176:718—24.
- Bolton P.S., Kerman I.A., Woodring S.F. et al. Influences of neck afferents on sympathetic and respiratory nerve activity. Brain Res Bull 1998;47(413):19.
- Claussen CF., Franz B. Contemporary & practical neurootology. Hannover: Solvay, 2006;410 p.
- Gacek R.R. Anatomy of the central vestibular system. In: Neurootology. RK. Jackler, DE. Brackmann (Eds.). St.Luis, Baltimore, Boston: Mosby, 1994;41—58.
- Захаров В.В., Яхно Н.Н. Синдромы нарушения высших психических функций. В кн.: Болезни нервной системы. Т.1. Под ред. Н.Н. Яхно, Д.П. Штульмана. М.: Медицина, 2001;170—90.
- Ropper A.H., Brown R.H. Adams and Victor's Principles of Neurology (eighth Edition). NY, Chicago, San Francisco, 2005;1398 p.
- Jackson C.A. Dynamic posturography. In: Neurootology. RK. Jackler, D.E. Brackmann (Eds.). St.Louis, Baltimore, Boston: Mosby, 1994;241—50.
- Black F.O. Vestibular function assessment in patients with Meniere's disease: the vestibulospinal system. Laryngoscope 1982;92(12):1419—36.
- Nashner L.M., Black F.O., Wall C. III. Adaptation to altered support and visual conditions during stance: patients with vestibular deficits. J Neurosci 1982;2:536—44.

41. Schaefer W.D. Okulaere Schwindel. Schwindel aus interdisziplinärer Sicht, (Haid C.-T. editor). Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag, 2003;108—15.
42. Крылов Ю.В., Воробьев О.А., Зарицкий В.В. О диссоциации вестибуловегетативных и вестибулосенсорных реакций. Косм биол авиакосм мед 1985;19(3):44—8.
43. Arnolds D.E.A.T., Lopes da Silva F.H., Boeijinda P. et al. Hippocampal EEG and motor activity in the cat: the role of eye movements and body accelerations. Behav Brain Res 1984;12:121—35.
44. Trinus K.F. Vestibular evoked potentials. Adv Otolaryngol. B.R. Alford, J. Jerger, H.A. Jenkins (eds.). Electrophysiologic Evaluation in Otolaryngology. Basel: Karger, 1997;53:155—81.
45. Тринус К.Ф. Пороги длиннотентных вызванных потенциалов и ощущений движения, возникающих при действии на человека линейных ускорений. Косм биол авиакосм мед 1986;20(6):62—6.
46. Bryan A.S., Bortolami S.B., Ventura J. et al. Influence of gravito-inertial force level on the subjective vertical during recumbent yaw axis body tilt. Exp Brain Res 2007;183(3):389—97.
47. Claussen C.-F. Schwindel — Symptomatik, Diagnostik, Therapie — Ein Leitfaden für Klinik und Praxis. Hamburg: Edition m & p, Dr. Werner Rudat & Co., 1981.
48. Kehaiov A.N. Influences vestibulaires sur la fonction auditive de malades atteints de troubles vestibulaires. Revue de Laryngologie 1977;98(9—10):471—80.
49. Garcia F.V., Garcia C. Vertigo, dizziness and imbalance: the concepts. Basics on vertigo, dizziness and imbalance. C. Garcia, F.V. Garcia, H. Coelho, J. Pimentel (eds.). Ass. Portuguesa Otoneurol, 1999;15—7.
50. Trinus K.F. Types of dizziness, evidence-based approach. ASN, 2010;11 p. <http://neu-rootology.com>
51. Trinus K.F., Claussen C.F., Barasii S.M. Vertigo and dizziness: differential diagnostics and individual treatment procedures. Neurootol Newslet 2008;8(2):6—15.
52. Абакаров А.Т. Вестибулярные проекции в височную кору кошек. Нейрофизиология 1983;15(2):135—44.
53. Тринус К.Ф. О биоэлектрической активности мозга человека, регистрируемой в ответ на адекватное вестибулярное раздражение. Врач дело 1984;3:83—4.
54. Lysakowski A. Further observations on the regional organization of the chinchilla crista ampullaris. Equilibrium Research, Clinical Equilibrimetry and Modern Treatment. C.-F. Claussen, C.-T. Haid, B. Hofferberth (eds). Elsevier: Amsterdam, Lausanne, New York, 2000;39—46.
55. Gacek R.R. Afferent and efferent innervation of the labyrinth. Adv Oto-Rhino-Laryngol 1982;28:1—13.
56. Abraham L., Potegal M., Miller S. Evidence for caudate nucleus involvement in an egocentric spatial task: return from passive transport. Physiol Psychol 1983;11:11—7.
57. Пенфильд У. Психические явления, вызываемые электрическим раздражением коры больших полушарий. Журн ВНД 1956;6(4):532—49.
58. Schneider D., Shulman A., Claussen C.-F. et al. Recent findings about measurable interactions between tinnitus and vestibular disturbances. In (Ed.): C.-F. Claussen, C.T. Haid, B. Hofferberth: Equilibrium Research, Clinical Equilibrimetry and Modern Treatment., Excerpta Medica, International Congress Series 1201. Amsterdam: Elsevier Science B.V., 2000;629—34.
59. Honrubia V., Sitko S., Lee R. et al. Anatomical characteristics of the anterior vestibular nerve of the bullfrog. Laryngoscope 1984;94(4):464—74.
60. Uemura T., Suzuki J.-I., Hozawa J. et al. Neurootological examination with special reference to equilibrium function tests. Tokyo: Igaku Shoin Ltd, 1977;178 p.
61. Korner A.F., Schneider P., Forrest T. Effects of vestibular proprioceptive stimulation on the neurobehavioral development of preterm infants: a pilot study. Neuropediatrics 1983;14:170—5.
62. Ornitz E.M., Ritvo E.R. The syndrome of autism: a critical review. Am J Psychiatry 1976;133:609—21.
63. Polatajko H.J., Mandich A. Ergotherapy bei Kindern mit Koordinationsstörungen — der CO-OP-Ansatz. Thieme Stuttgart, 2008;147 p.
64. Frisina W. Study of cradle and a pendulum motion for applications to health care. Biomechanics 1984;17(8):573—7.
65. Kayan A., Hood J.D. Neuro-otological manifestations of migraine. Brain 1984;107:1123—42.
66. Barabas G., Matthews W.S., Ferrari M. Childhood Migrain and motion sickness. Pediatrics 1983;72(2):188—90.
67. Trinus K.F. Chornobyl vertigo. 10 years of monitoring. Neurootol Newslet 1996;(Suppl. 1):140.