

*С. А. Лихачев<sup>1</sup>, Д. Ю. Клименков<sup>2</sup>, И. П. Марьенко<sup>3</sup>*

## **Исследование вестибулярного аппарата в авиакосмической медицине**

*РНПЦ Неврологии и нейрохирургии МЗ РБ<sup>1</sup>,*

*ГУ «223 центр авиационной медицины ВВС и войск ПВО ВС РБ»<sup>2</sup>,*

*ГУ «432 Главный военный клинический медицинский центр ВС РБ»<sup>3</sup>*

В статье представлен обзор публикаций и фундаментальных исследований, раскрывающих основные направления изучения вестибулярного аппарата в авиакосмической медицине середины XX - начала XXI века.

Ключевые слова: вестибулярный аппарат, вестибулярная дисфункция, авиакосмическая медицина.

Профессиональный отбор в авиакосмической медицине – важная медико-социальная задача. Известно, что понятие «вестибулярная норма» настолько вариабельно, что практически каждая вестибулометрическая лаборатория придерживается своей «нормы». У здорового человека может быть и гипо- и гиперрефлексия лабиринта, и, безусловно, предпочтение при отборе будет отдано лицам с минимальной возбудимостью ампулярных и отолитовых рецепторов. Существует так же ряд здоровых лиц, у которых имеется так называемая «болезнь движения». Одна из задач профессионального отбора – выявление этих лиц. Известно, что вестибулярная дисфункция проявляется тремя типами реакций:

- вестибуло-моторными;
- вестибуло-сенсорными;
- вестибуло-вегетативными.

К первым относят нистагм и реакции отклонения, ко вторым головокружение, реакцию поствращения, к третьим – тошноту, рвоту, потливость, сердцебиение, колебание пульса, артериального давления и т.д.

Стимуляция вестибулярного анализатора приводит к вестибулярной асимметрии, во время которой разворачиваются все три описанные выше типа реакций.

При отборе летчиков и космонавтов главным образом используют такие вестибулярные тесты, которые позволяют определять функцию статического равновесия, координацию движений, состояние и устойчивость аппарата статоконий, вестибулосенсорную и вестибуловегетативную реактивность. Объясняется это тем, что при действии прямолинейных ускорений постоянному раздражению подвергается главным образом аппарат статоконий, а полукружные каналы раздражаются в меньшей степени.

Реальный полет – особое состояние, при котором на оператора воздействуют комплекс внешних воздействий, приводящих к искажению привычной сенсорной информации.

Проведено фундаментальное исследование функционального состояния вестибулярного анализатора при измененной реактивности организма (Лапаев Э.В.). Проанализированы влияние на вестибулярный анализатор гипокинезии, невесомости, высоких температур, изменения обмена веществ, разработаны средства фармакологической профилактики. Материалы работы дали возможность

установить характер вестибулярных реакций на фоне измененной реактивности организма и впервые высказать положение о существовании определенных закономерностей в направленности вестибулосоматических и вегетативных реакций при действии факторов полета. Показано, в частности, что всякая активация вегетативных реакций, возникающая под влиянием гипокинезии, невесомости, повышенной температуры окружающей среды, ускорений сопровождается торможением вестибулярного нистагменного рефлекса [14]. В 1977 г. Бабиак В.И. опубликовал экспериментальные исследования на тему реакции глазодвигательного аппарата и их сенсорные компоненты при сочетанном действии вестибулярных и зрительных раздражителей. В направлении практического применения результатов исследования предложены 5 новых методов исследования фиксационной и оптокинетической функции человека в условиях действия вестибулярных раздражителей:

- способ исследования устойчивости фиксационной функции зрительного анализатора в условиях действия угловых ускорений;
- способ исследования оптокинетической функции зрительного анализатора в условиях действия угловых ускорений;
- способ исследования типологических особенностей оптокинетического нистагма;
- способ исследования влияния вестибулярной стимуляции на типологические особенности оптокинетического нистагма;
- способ исследования сенсорных компонентов оптокинетического нистагма [1].

В 90-е годы минувшего столетия работы, посвященные вестибулярной реактивности затрагивали темы вестибуло-глазодвигательных реакций в различных условиях, влияние вестибулярных воздействий на функцию иных анализаторов, экспериментальные исследования на животных, изучение вертикальных вестибулоокулярных, цервикоокулярных рефлексов, изучение фармакологических средств терапии вестибуловегетативных расстройств, изучалось воздействие вибрации на механизмы вестибулоретикулоторковых взаимоотношений. Проводилось изучение вестибулярной функции в невесомости, вестибулозрительные взаимодействия, создавалась биомеханическая теория вестибулярного аппарата, изучалось воздействие перегрузок на сенсорные системы, изучались показатели вестибулярной функции при минимальной опорной тактильной и проприоцептивной афферентации.

Некоторые условия реального полета, важнейшими из которых является частичная сенсорная депривация, обусловленная снижением уровня опорной афферентации и минимизации мышечной активности моделирует иммерсионная гипокинезия. Данные условия приводят к модуляции вестибулоглазодвигательных реакций. В 1991 г. Л.Н. Корниловой, О.Н. Ключниковой, С.Б. Корсунским, В.Г. Козловой изучались вестибулоглазодвигательные реакции в условиях иммерсионной гипоксии при дополнительной проприоцептивной, оптокинетической и вестибулооптокинетической стимуляции. Проведенные исследования показали, что иммерсия, изменяющая характеристики тактильнопроприоцептивной афферентации и не оказывающая прямого непосредственного влияния на рецепторы вестибулярного аппарата существенно изменяет глазодвигательные реакции, особенно связанные с кортикальной функцией. Полученные данные

свидетельствую о растормаживании вестибулярных центров в условиях иммерсии. Тормозной характер тактильнопроприоцептивных влияний на реакции вестибулоглазодвигательного комплекса убедительно продемонстрирован в исследованиях при применении в условиях иммерсии при дополнительной опоре [10].

Функция любой системы человека-оператора в авиакосмических системах практически всегда осуществляется на фоне действия вестибулярных раздражителей.

Оценкой состояния функции зрительного анализатора в условиях вестибулярных воздействий занимались ряд авторов. В 1937 г. Е.М. Белостоцкий и С.А. Ильина исследовали влияние вестибулярных раздражений моделируемых вращением в кресле Барани (проба ОР Воячека) в темноте, на световую чувствительность глаза. Авторы отмечали снижение световой чувствительности после вестибулярного раздражения. М.Н. Фарфель в том же году при проведении пробы Воячека выявил удлинение зрительной хронаксии у лиц с высокой вестибулярной возбудимостью и укорочение ее у лиц с пониженной возбудимостью. В 1967г. Т.А. Петрова с соавторами изучали скорость восстановления остроты зрения во время темновой адаптации после отолитовой пробы Воячека. Было установлено, что у лиц с отличной переносимостью этой пробы скорость темновой адаптации либо не изменялась, либо повышалась. При плохой переносимости пробы отмечалось значительное замедление темновой адаптации. F. Guerdry (1968г.), исследуя остроту зрения во время воздействия на человека угловых ускорений различной величины (10, 20, 30°/с<sup>2</sup>) при трапециевидной программе вращения (длительность плато 2 мин), обнаружил достоверное снижение динамической остроты зрения. Снижение этого показателя возрастало с увеличением ускорения. Кларк и соавторы (1975г.), сравнивая уровень аккомодации до и после 30-секундного вращения со скоростью 200°/с (ускорение торможения порядка 100°/с<sup>2</sup>), отмечали отчетливое увеличение уровня аккомодации длительностью до 16,4 с, последующее его в течение 90 с, а затем вновь незначительное повышение. Результаты исследования показали, что воздействие на человека углового ускорения значительной величины приводит к положительной аккомодации глаз, так что резкость зрения уменьшается в пределах его дальнего видения. С.С. Маркарян с соавторами (1973г.), изучая остроту зрения после пробы НКУК, отмечали ее неизменность у высокоустойчивых лиц и снижение у лиц со средней и низкой устойчивостью. В.И. Аронов (1961г.), исследуя глубинное зрение после 30 оборотов кресла Барани со скоростью 180°/с (с паузами по 30 с между каждыми 10 оборотами), обнаружил его ухудшение (повышение порогов) у лиц с повышенной вестибулярной возбудимостью и улучшение (снижение порогов) у лиц, устойчивых к вестибулярным воздействиям.

В.И. Копанев (1970г.) после стимуляции обследуемых на четырехштанговых качелях (частота 16-17 в мин, максимальная длительность качания 30 мин) до появления слабых симптомов укачивания отмечал снижение возбудимости зрительного анализатора (увеличение адекватных оптической реобазы, хронаксии, топаксии), лабильности интервала дискретности), незначительное понижение остроты зрения [2].

С позиции безопасности полета риск нарушения пространственной ориентировки

в условиях воздействия перегрузок в сложных метеорологических условиях будет, вероятно, выше у летчиков с предпочтительно зрительной модальностью восприятия. Однако появления лабильных, меняющихся иллюзий может создавать гораздо большую сложность в определении летчиком своих пространственных координат, фактически приводить его к состоянию ситуационной пространственной неопределенности и высокому риску полной потери пространственной ориентировки [4].

Таким образом, доказано влияние вестибулярной афферентации на зрительные функции, что очень важно для тренировки операторов движущихся систем. Особенности артикуляции при вестибуловегетативных реакциях изучали Г.Е. Щербаченко, О.А. Воробьев, В. В. Зарицкий (1993г.). Исследования показали, что под влиянием зрительно-вестибулярных раздражителей, приводящих к развитию вестибуловегетативных реакций, возникают искажения в процессах речеобразования на этапе фонации речевого стимула, проявляющиеся в снижении интенсивности речевого сигнала при относительном постоянстве частотных характеристик спектра. Вероятной причиной этих изменений является нарушение вегетативной нервной регуляции речеобразующих структур [30].

Применительно к задачам авиакосмической медицины изучается проблема взаимодействия вестибулярной и слуховой систем. О.А. Воробьев, С.В. Скребнев, А.И. Кухаркин оценивали влияние вестибулярных раздражений на состояние органа слуха по данным импедансометрии (1993г.). Авторы сделали вывод, что изменение акустического рефлекса под влиянием вестибулярных раздражений в авиационном полете приведут к снижению шумозащитной функции стременной мышцы, а это может вызвать снижение слуха при периодических воздействиях интенсивных шумов в сочетании с раздражением вестибулярного аппарата, а также ухудшение разборчивости речи, т.е. снижение качества радиосвязи [6]. В 1997 в работе А. А. Шипова, А. В. Кондрачука, С. П. Сиренко «Биомеханика вестибулярного аппарата» получены математические выражения, характеризующие зависимость вестибулярной стимуляции от параметров взаимных перемещений человека и движущейся системы. При этом необходимо подчеркнуть, что полученные результаты в отличие от представленных ранее другими исследователями для частных случаев в значительной степени характеризуют общие закономерности. Это позволяет использовать их для анализа широкого круга не только экспериментальных, но и реальных (полетных) ситуаций. Математический анализ поведения куполо-эндолимфотической системы (полукружные каналы) в системах с искусственной тяжестью позволяет прогнозировать специфические реакции вестибулоокулярной системы изменения в сенсорной сфере (иллюзии), а также предвидеть ситуации, усугубляющие вероятность развития болезни движения. С другой стороны, он дает возможность формулировать конкретные рекомендации, при выполнении которых такая вероятность снижается. Эти рекомендации касаются не только структуры и компоновки развития аэрокосмических систем, но и особенностей двигательного поведения в них операторов [29].

Проведены исследования взаимодействия зрительной, вестибулярной и проприоцептивной систем в процессе пространственной ориентировки человека в условия воздействия боковых и продольно-боковых перегрузок (И.В. Бухтияров,

О.А Воробьев, М.Н. Хоменко). В результате исследования получены данные, что в условиях действия перегрузок у летчиков в предпочтительно вестибулярно-проприоцептивной модальности восприятия иллюзий пространственного положения (ИПП) будут выраженными, но слабо зависящими от наличия и характера визуальных ориентиров. Однако у летчиков с предпочтительно зрительной модальностью восприятия ИПП в условиях перегрузок будут слабовыраженными при наличии адекватных визуальных ориентиров, но будут резко возрастать в случае их отсутствия или сложного характера [4].

Изучалась роль вестибулярных ядер продолговатого мозга в механизме центрального взаимодействия лабиринтной и экстралабиринтной афферентных систем в условиях воздействия вибрации (С.М. Миносян, О.Г. Балаванджян, С.Г. Саакян, Ц.И. Адамян). Целью работы явилось изучение вестибуло-, ретикулокорковых взаимоотношений при вибрации, выявления удельного значения лабиринтной и экстралабиринтной систем в формировании поствибрационных сдвигов электрической активности коры. Результаты исследований показали, что выпадение лабиринтной функции ослабляет ответную реакцию коры на вибрационное воздействие, однако полностью ее не снимает. Данный факт свидетельствует об участии биоэлектрической активности коры в механизме обнаруженных изменений при вибрационных воздействиях не только лабиринтов, но и невестибулярных входов (проприоцептивных, соматических, висцеральных и др.) [17].

Широкомасштабные биологические эксперименты с животными в невесомости на протяжении многих лет были посвящены изучению вестибулярной функции. Во время полетов на ракетах, при свободном падении, параболических полетах на самолетах, опытах на искусственных спутниках Земли, пилотируемых космических кораблях и орбитальных станциях исследовали поведение, позные реакции, реакции установки взора, вестибулоглазодвигательные реакции, проводили электрофизиологические и морфологические исследования. Отсутствие силы тяжести вызывает у животных всех видов (рыб, амфибий, птиц и млекопитающих) типичные реакции на невесомость: пространственную дезориентацию, исчезновение установочных рефлексов и атаксию. В невесомости происходит сенсорная перестройка: своего рода «игнорирование» ставшего неадекватным новой ситуации вестибулярного входа и возрастания роли зрения в пространственной ориентации. Экспериментальным путем было установлено, что создание искусственной силы тяжести с помощью радиальных ускорений величиной 0,3g и более как бы возвращает животных к нормальному «земному» поведению [7].

В работах И. А. Склюта, С.А. Лихачева, М.И. Тарасевича особое значение отводится изучению вертикальных глазодвигательных реакций у операторов движущихся систем с такими параметрами перемещения, при которых происходит стимуляция различных отделов вестибулярного аппарата, изменение условий межочулярного взаимодействия. Разработаны методические приемы исследования вертикальных вестибулоокулярных рефлексов (1993 – 1999 г.г.) [21,23,20,22,18,19].

Разработана компьютерная программа позволяющая путем отдельной и сочетанной зрительной и вестибулярной стимуляции оculoмоторных реакций и

цифровой записи ответных движений глаз получать объективную информацию о состоянии разных уровней окуломоторной и вестибулярных систем, уточнять характер вестибулозрительных взаимодействий осуществлять топическую диагностику и прогнозировать качество выполнения следящей операторской деятельностью (Л.М. Чернобыльский, 1995г.). Разработанная компьютерная программа «Окулостим» позволяет осуществлять стимуляцию глазодвигательных реакций и одновременную цифровую запись электроокулограмм в горизонтальном и вертикальном отведениях и координат движущегося стимулирующего изображения [26].

Л. Н. Корнилова и соавт. в 1996 г. опубликовали результаты исследования спонтанных и вызванных вертикальной линейной и синусоидальной оптокинетической стимуляцией окуломоторных реакций в непродолжительных и длительных космических полетах. Показано, что адаптация к невесомости при хорошем субъективном самочувствии и отсутствии аномальных вегетативных реакций сопровождалась перестройкой во взаимодействии сенсорных систем. Зарегистрированные изменения спонтанной окуломоторной активности (спонтанный вертикальный нистагм) и вертикального оптокинетического нистагма (в параметрах амплитуды и коэффициента усиления вертикального оптокинетического нистагма) в период начальной адаптации к невесомости [12].

Л. Н. Корнилова и соавт. занимались определением влияния сниженной проприоцептивной, тактильной и опорной афферентации на вестибулярную функцию и показатели зрительно-мануального слежения с использованием 7-суточной «сухой» иммерсии (2008г.). Иммерсионный эксперимент показал, что реакция организма на опорно-проприоцептивную депривацию зависит от роли и удельного вклада того или иного афферентного входа в формировании пространственной ориентации. Характер изменения показателей зрительно-мануального слежения и вестибулярной функции определяется сочетанным влиянием различных афферентных сигналов и их соотношением [11].

Таким образом доказано тесное взаимодействие анализаторов составляющих единую функциональную систему пространственной ориентации – вестибулярного, зрительного, проприоцептивного, интроцептивного. Данное взаимодействие легло в физиологическую основу тестирования операторов движущихся систем, разработку новых тестов.

Для выявления качественной характеристики статокINETической устойчивости обычно применяют пробу Ромберга и исследование походки (ходьба по прямой, проба «поворот», тест фланговой походки, «шагающий» тест Фукуда, проба отолитовой походки по А.Х. Миньковскому). В 80-е годы минувшего столетия для профессионального отбора и экспертизы предложены объективные методы регистрации статокINETической устойчивости – стабилография, кефалография. Наиболее доступным из них является кефалография (А.И. Вожжова, 1973г., В.Г. Базаров, 1976г., В.Г. Базаров, А.И. Клименко, 1984г.) – метод графической регистрации функции равновесия [2].

Кефалография позволяет объективно оценить функцию равновесия, однако в силу ряда присущих данной методике недостатков она не нашла достаточно широкого распространения в клинической практике. Общим недостатком различных модификаций кефалографии является то, что при этом регистрируются

фактически движения головы, якобы отражающие перемещения всего тела, однако следует иметь в виду, что голова совершает движения и относительно туловища и это искажает истинную картину колебаний тела. Важным недостатком кефалографии является низкая чувствительность применяемых приборов, их инерционность и сложность обработки полученных кривых [3].

Стабилометрия основана на другом принципе объективизации нарушений поддержания вертикальной позы – на регистрации отклонения массы тела. Существует статическая стабилометрия, при которой испытуемый помещается на неподвижную платформу и динамическая, при которой платформа с помощью специального переходного блока совершает колебательные движения небольшой, до 20 мм, амплитуды. Однако при стабилометрии учитывается лишь отклонение центра массы тела, анализ всей биомеханической системы, участвующей в поддержании вертикальной позы невозможен (В.И.Усачев, Д.Е.Мохов), (С.А.Лихачев и соавт.) [16, 25]. Для устранения этого недостатка предложена усовершенствованная методика изучения позы – кранио-корпо-графия. Специальное устройство позволяет оценить взаиморасположение различных частей тела, при поддержании вертикальной позы (К.-Ф. Клауссен).

На этапах развития авиакосмической медицины для определения устойчивости аппарата статоконий использовались следующие методики. В.И. Воячек впервые сообщил о двойном опыте с вращением, названным им отолитовой реакцией в 1926 году. Проба сочетает раздражение полукружных каналов вращением и аппарата статоконий в результате последующего изменения положения головы обследуемого. Для определения функциональной устойчивости к длительным прямолинейным ускорениям К. Л. Хиллов (1936) предложил исследование на специальных четырех-штанговых качелях, устроенных таким образом, что при раскачивании площадка, на которой находится обследуемый, постоянно остается параллельной горизонту. Это обеспечивает преимущественное раздражение рецепторов статоконий и сводит до минимума раздражение полукружных каналов. Об устойчивости аппарата статоконий судят по времени появления у испытуемого вестибуловегетативных реакций – побледнения, холодного пота, тошноты, ухудшения самочувствия.

При отборе летчиков, космонавтов рекомендуют использовать тесты на переносимость к ускорениям Кориолиса. Ускорения Кориолиса возникают часто при полетах на самолете, в случаях, когда самолет летит с равномерной скоростью, а летчик совершает при этом наклоны головы и туловища вперед, назад, вправо, влево. По методике И.И. Брянова (1965) обследуемого сидящего с закрытыми глазами в кресле Барани и наклоненным вперед на  $90^\circ$  туловища, начинают равномерно вращать со скоростью  $180^\circ/\text{с}$ . В данной методике изучается показатель, который характеризует порог вестибулосоматической реакции отклонения. А.С. Киселев (1966), исходя из того, что голова и туловище летчика (космонавта) в полете откинута назад и обычно ему приходится выпрямляться сзади – наперед, предложил способ исследования вестибулярной устойчивости при помощи так называемого «переднего» и «заднего» Кориолиса. Опыт состоит в том, что обследуемого с запрокинутой назад головой на  $45^\circ$  и закрытыми глазами вращают в кресле Барани со скоростью  $180^\circ/\text{с}$ , т. е. 1 оборот за 2 секунды. Во время вращения он выполняет вращение головой вперед или назад. В данной

методике изучается время появления вегетативных нарушений.

В методике непрерывной кумуляции ускорений Кориолиса (НКУК) С.С. Маркаряна и соавторов (1966) испытуемого вращают в кресле со скоростью  $180^\circ/\text{с}$  с закрытыми глазами при вертикальной позиции головы. В конце 5-го оборота на фоне равномерного вращения обследуемый начинает выполнять наклоны головой от правого к левому плечу и обратно на угол не менее  $30^\circ$ . Каждое движение головы от плеча к плечу длится 2 секунды и контролируется самим испытуемым во времени произнесения цифр «21» и «22». В данной методике также изучается время появления вегетативных нарушений.

Для выявления сенсорных реакций и скрытых форм вестибуловегетативной неустойчивости используется методика исследования вестибулосенсорной чувствительности, в частности, определения иллюзии противовращения в целях профессионального отбора. Обследуемого с завязанными глазами вращают в кресле в течение 20 секунд со скоростью  $180^\circ/\text{с}$ . После остановки кресла отмечают по секундомеру со слов испытуемого продолжительность иллюзии противовращения и ее выраженность. Продолжительность вестибулярной иллюзии противовращения может отмечать и сам испытуемый путем нажатия на вмонтированную в кресло кнопку электросчетчика времени, соединенного с чернильно-пишущим прибором (С.С. Маркарян 1971 г). Для распознавания скрытых форм вестибулярной неустойчивости использовался метод одновременного комбинированного раздражения ампулярных рецепторов и статоконий вестибулярного аппарата или двойного вращения испытуемого на центрифуге (В.Г. Базаров 1964 г, К.Л. Хилов 1969 г). В данной методике изучается вестибуловегетативная реактивность испытуемого.

В авиационной и космической медицине используются некоторые экспериментальные пробы, одной из них является электростимуляция вестибулярного анализатора (И.С. Нечаев, 1938; М.Д. Емельянов и соавт., 1962; К.Л. Хилов, 1969). По мнению С.Н. Хечинашвили и соавторов (1984), преимущества электростимуляции вестибулярного анализатора, по сравнению с вращательной и калорической стимуляцией, заключается в возможности мгновенного и точно дозированного воздействия на вестибулярную афферентную импульсацию вне прямой зависимости от ее изменений, обусловленных влиянием адекватных раздражителей, что имеет большое значение для исследования вестибулярной функции в космическом полете.

При распознавании скрытых форм вестибулярной неустойчивости, требующим специального оборудования, используется метод одновременного комбинированного раздражения ампулярных рецепторов и статоконий вестибулярного аппарата или двойного вращения испытуемого на центрифуге – ДВИЦ (В. Г. Базаров, 1964; К. Л. Хилов, 1969).

Обследование проводится на центрифуге, которая представляет собой круглую горизонтальную платформу диаметром 5 м, приводимую в движение электромотором. На расстоянии 2 м от центра платформы укрепляют вращающееся кресло Барани. В конце 3-й минуты равномерного вращения центрифуги обследуемого подвергают дополнительному вращению в кресле Барани. После прекращения вращения оценивают степень вестибуловегетативных реакций. ДВИЦ, создает условия близкие к естественному укачиванию и

представляет интерес при врачебно-лётной экспертизе скрытых форм вестибуловегетативной неустойчивости.

Метод, предназначенный для исследования пороговых значений сенсорной и нистагмной реакции, а также рефлексов вестибулярного анализатора на последующие равномерно возрастающие надпороговые стимулы, назван купулометрией. Для производства купулометрии необходимо электровращающееся кресло с достаточным диапазоном угловых скоростей – от 0 до 90 – 1200/с. Обследуемого с закрытыми глазами вращают с начальным ускорением 0,50/с<sup>2</sup> до достижения заданной постоянной скорости, равномерное вращение длится 20 – 40 с, затем кресло останавливают, определяют возникло ли чувство противовращения. Исследование повторяют после 3 минутного перерыва, скорость увеличивают. Пробу выполняют от 3 до 10 раз. Результаты записывают в виде графика. Внедрение метода в клинику ограничено необходимостью приобретения дорогостоящего электровращающегося кресла с достаточным диапазоном фиксированных угловых скоростей, большими затратами времени на исследование, введением в штат инженерно-технических работников для обслуживания аппаратуры [2].

Таким образом, все предложенные тесты основаны на двух основных принципах:

- максимальное раздражение вестибулярного – отолитового или купулярного – рецепторного аппарата;
- учет ответных вестибуло-сенсорных и вестибуло-вегетативных реакций, которые максимально затрудняют работу оператора движущихся систем. Вестибуло-моторные реакции учитываются в меньшей степени. По-существу, оценивается «вестибулярная» выносливость испытуемого.

Тем не менее при проведении лётной экспертизы регистрация окулографической реакции так же представляет значение.

В настоящее время существует два основных метода окулографии: электронистагмография и видеонистагмография.

Электронистагмография осуществляет графическую запись нистагма, являющегося одной из наиболее ценных в диагностическом отношении реакций. Он несет в себе сведения о функциональном состоянии ушного лабиринта, оптомоторной системы и некоторых важнейших образований центральной нервной системы (А.Е. Курашвили, В.И. Бабияк, 1970г.) [13].

Электронистагмография позволяет изучить динамику вестибулярных расстройств при продолжительной лётной работе, изучить компенсаторные возможности вестибулярного аппарата, решить вопрос необходимости применения и эффективность неспецифических и специфических методов восстановления вестибулярной функции. Эта методика завоевывает все большую и большую популярность среди врачей-экспертов. Более новым и совершенным методом регистрации нистагма является видеонистагмография. Метод отличается высокой точностью, экономией времени для исследователя, отсутствием артефактов при регистрации. Пациент надевает на голову маску, в которую встроены две специальные легкие инфракрасные видеокамеры. Камеры фиксируют мельчайшие движения глаз и передают их на видеомониторы с последующим компьютерным обчислением. Вращающееся кресло обеспечивает дозированную нагрузку, параметры которой задаются исследователем в зависимости от поставленных

диагностических задач [5].

Окулография позволяет регистрировать ответную реакцию на вестибулярное, окуломоторное, цервико-окуломоторное возбуждение, оценивать ее количественно и хранить информацию в специальных базах, что позволяет осуществлять динамическое наблюдение за испытуемым.

Воздействие линейных, угловых и кориолисовых ускорений при выполнении таких пилотажных фигур, как переворот, бочка, ввод и вывод из пикирования, вираж, петля может способствовать развитию иллюзий пространственного положения, вызывать нарушение координации движений в полете и воздушную болезнь. В настоящее время вестибулярные нарушения зачастую становятся очевидными во время первых полетов молодых авиаторов. И на этот факт первыми обращают свое внимание инструктора. Они же в ряде случаев и инициируют направление таких летчиков на врачебно-летную комиссию. Разработка и внедрение современных, а также широкое использование ранее известных методов исследования вестибулярного аппарата является актуальной задачей и для более качественного отбора абитуриентов, поступающих на летные факультеты, и для обеспечения безопасности полетов. Одной из таких разработок является проведение функциональных нагрузочных тестов с электронистагмографической регистрацией (Лихачев С.А., Марьенко И.П.) [15]. Безусловно, необходимо провести оценку двум различным подходам в экспертизе – с максимальной стимуляцией и минимальной стимуляцией.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Бабияк, В. И. Реакции глазодвигательного аппарата и их сенсорные компоненты при сочетанном действии вестибулярных и зрительных раздражителей: автореф. дис. ... д-ра мед. наук / В. И. Бабияк. Л., 1977. 23 с.
2. Базаров, В. Г. Клиническая вестибулометрия / В. Г. Базаров. К.: Здоров'я, 1988. 200 с.
3. Бариляк, Р. А. К усовершенствованию методики кефалографии / Р. А. Бариляк, А. Е. Кицера, А. В. Борисов. // Журн. ушн., нос. и горл. болезней. 1981. № 6. С. 66–67.
4. Бухтияров, И. В. Взаимодействие зрительной, вестибулярной и проприоцептивной систем в процессе пространственной ориентировки человека в условия воздействия боковых и продольнобоковых перегрузок / И. В. Бухтияров, О. А. Воробьев, М. Н. Хоменко // Авиакосмическая и экологическая медицина. 2002. Т. 36. № 6. С. 3–8.
5. Видеонистагмография [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.neuro.by>. Дата доступа 16.03.2010.
6. Воробьев, О. А. Оценка влияние вестибулярных раздражений на состояние органа слуха по данным импедансометрии / О. А. Воробьев, С. В. Скребнев, А. И. Кухаркин // Авиакосмическая и экологическая медицина. 1993. № 4. С. 21–24.
7. Горгиладзе, Г. И. Биологические эксперименты в невесомости. Вестибулярная функция / Г. И. Горгиладзе, А. А. Шипов // Авиакосмическая и экологическая медицина. 1996. № 6. С. 4–21.

8. Горгиладзе, Г. И. Вестибулярные реакции и функция равновесия у взрослых перепелов после восьмисуточного орбитального полета на научно исследовательском комплексе «Мир» / Г.И. Горгиладзе, Т. С. Гурьева, О. А. Дадашева // Авиакосмическая и экологическая медицина. 1993. № 4. С. 68–69.
9. Карцев, В. И. Зрительные функции человека при вестибулярных воздействиях / В. И. Карцев, А. А. Шипов // Авиакосмическая и экологическая медицина. 1993. № 4. С. 4–6.
10. Корнилова, Л. Н. Вестибулоглазодвигательные реакции в условиях иммерсионной гипокинезии / Л. Н. Корнилова [и др.] // Авиакосмическая и экологическая медицина. 1992. № 4. С. 43–47.
11. Корнилова, Л. Н. Зрительно-мануальное слежение и вестибулярная функция в условиях 7-суточной «сухой» иммерсии / Л. Н. Корнилова [и др.] // Авиакосмическая и экологическая медицина. 2008. Т. 42. № 5. С. 8–13.
12. Корнилова, Л. Н. Спонтанные и зрительно индуцированные окуломоторные реакции в невесомости / Л. Н. Корнилова [и др.] // Авиакосмическая и экологическая медицина. 1996. Т. 30. № 1. С. 10–15.
13. Курашвили, А. Е. Электронистагмография / А. Е. Курашвили, В. И. Бабияк. Л.: Медицина, 1970. 96 с.
14. Лапаев, Э. В. Функциональное состояние вестибулярного анализатора при измененной реактивности организма: автореф. дис. ... д-ра мед. наук / Э. В. Лапаев. М., 1974. 30 с.
15. Лихачев, С. А. Диагностическое и экспертное значение функциональных тестов при выявлении латентной вестибулярной дисфункции / С. А. Лихачев, И. П. Марьенко // Вестник оториноларингологии. 2008. № 1. С. 24–27.
16. Лихачев, С. А. Состояние постуральных функций при болезни Паркинсона по данным постурографии / С. А. Лихачев, А. В. Борисенко, А. Н. Качинский // Неврологический журнал. 2008. № 1. С. 23–26.
17. Миносян, С. М. Роль вестибулярных ядер продолговатого мозга в механизме центрального взаимодействия лабиринтной и экстралабиринтной афферентных систем в условиях воздействия вибрации / С. М. Миносян [и др.] // Авиакосмическая и экологическая медицина. 1994. № 5. С. 41–46.
18. Склют, И. А. Вестибуло-цервико-окулярный рефлекс у здоровых лиц / И. А. Склют, С. А. Лихачев, М. И. Тарасевич // Авиакосмическая и экологическая медицина. 1999. Т. 33. № 6. С. 39–42.
19. Склют, И. А. Вертикальные вестибулоокулярные рефлексy (анатомо-физиологические и клинические аспекты) / И. А. Склют, С. А. Лихачев, М. И. Тарасевич // Авиакосмическая и экологическая медицина. 1993. № 5–6. С. 18–24.
20. Склют, И. А. Вертикальные вестибулоокулярные рефлексy у человека в норме / И. А. Склют, С. А. Лихачев, М. И. Тарасевич // Авиакосмическая и экологическая медицина. 1999. Т. 33. № 3. С. 38–41.
21. Склют, И. А. Способ регистрации активных движений головой в сагиттальной плоскости при исследовании вертикальных вестибулоокулярных рефлексy / И. А. Склют, С. А. Лихачев, М. И. Тарасевич // Авиакосмическая и экологическая медицина. 1999. Т. 33. № 1. С. 59–61.
22. Склют, И. А. Цервикоокулярный рефлекс у здоровых лиц / И. А. Склют, С. А. Лихачев, М. И. Тарасевич // Авиакосмическая и экологическая медицина. 1999.

Т. 33. № 5. С. 46–48.

23. Склют, С. А. Исследование вертикальных вестибулоокулярных рефлексов / И. А. Склют, С. А. Лихачев, М. И. Тарасевич // Авиакосмическая и экологическая медицина. 1999. Т. 33. № 2. С. 64–67.

24. Трошин, О. В. Нейрофизиологические взаимоотношения эндоурикулярных акупунктурных точек с кохлеовестибулярной системой / О. В. Трошин // Авиакосмическая и экологическая медицина. 1993. № 4. С. 24–28.

25. Усачев, В. И. Стабилометрия в постурологии: учеб. пособие / В. И. Усачев, Д. Е. Мохов. СПб., 2004. 20 с.

26. Чернобыльский, Л. М. Программа, стимулирующая и регистрирующая движения глаз, для комплексной экспертной оценки состояния вестибулярной системы, вестибулозрительных взаимодействий и характера следящей операторской деятельности / Л. М. Чернобыльский // Авиакосмическая и экологическая медицина. 1995. Т. 29. № 1. С. 62–64.

27. Чук, М. И. Изучение фармакологических средств терапии вестибуловегетативных расстройств / М. И. Чук // Авиакосмическая и экологическая медицина. 1994. № 3. С. 11–14.

28. Шашков, В. С. Фармакологическая профилактика вестибуловегетативного синдрома (болезни движения) в модельных исследованиях / В. С. Шашков [и др.] // Авиакосмическая и экологическая медицина. 2000. Т. 34. № 4. С. 8–13.

29. Шипов, А. А. Биомеханика вестибулярного аппарата / А. А. Шипов, А. В. Кондрачук, С. П. Сиренко. М., 1997. 200 с.

30. Щербаченко, Г. Е. Особенности артикуляции при укачивании / Г. Е. Щербаченко, О. А. Воробьев, В. В. Зарицкий // Авиакосмическая и экологическая медицина. 1993. № 4. С. 19–21