

УДК 612.821+612.85+612.76

ОСОБЕННОСТИ ПОДДЕРЖАНИЯ ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПОЗЫ ПОЛЕЗАВИСИМЫХ И ПОЛЕНЕЗАВИСИМЫХ ИСПЫТУЕМЫХ В УСЛОВИЯХ ОТСУТСТВИЯ ЗРИТЕЛЬНОЙ И ЗВУКОВОЙ ИНФОРМАЦИИ

© 2021 г. О. П. Тимофеева¹, И. Г. Андреева¹, *

¹ФГБУН Институт эволюционной физиологии и биохимии имени И.М. Сеченова РАН,
Санкт-Петербург, Россия

*E-mail: ig-andreeva@mail.ru

Поступила в редакцию 29.01.2021 г.

После доработки 25.02.2021 г.

Принята к публикации 23.03.2021 г.

Зарегистрированы стабилметрические показатели при поддержании вертикальной позы (европейский вариант позы Ротберга: пятки вместе, носки врозь, руки опущены вниз вдоль тела) в течение одной минуты в отсутствие слуховой и зрительной стимуляции. В работе проверяли гипотезу о том, что стратегия поддержания позы при отсутствии дистантной информации будет различаться для людей с разной ведущей модальностью при ориентации в пространстве. Обнаружена разница в длине траектории и скорости центра давления тела (ЦД), в разбросе по сагиттальной оси между группами полнезависимых (ПН) и полезависимых (ПЗ) испытуемых, которая выражалась в более выраженных колебаниях по этой оси у ПН испытуемых по сравнению с ПЗ. По фронтальной оси аналогичные показатели достоверно не различались. Выявлены более высокие значения показателя “качество равновесия”, меньшие значения площади и сжатия эллипса у ПЗ по сравнению с ПН, которые свидетельствовали о различиях в устойчивости групп испытуемых в условиях отсутствия зрительной и слуховой стимуляции. При оценке динамики поструральных показателей у ПН испытуемых обнаружили смещение ЦД назад на протяжении всего времени стояния, тогда как у ПЗ достоверных изменений смещения ЦД не было выявлено.

Ключевые слова: регуляция позы, ориентация в пространстве, полезависимость, стабилметрия, преднастройка позы.

DOI: 10.31857/S0131164621040159

Контроль вертикальной позы осуществляется как контактными, так и дистантными органами чувств. Известно, что исключение опорной и вестибулярной информации, которое наблюдается в условиях микрогравитации, приводит к кардинальной перестройке системы контроля позы [1, 2]. Сравнительные исследования, выполненные при наличии и исключении зрительной информации, не дали однозначного ответа на вопрос о различиях в поддержании позы [3]. При изучении контроля позы влияние слуховой афферентации на этот процесс традиционно игнорируют [4, 5]. Однако при закрытых глазах значение слуха для ориентации испытуемого в пространстве существенно возрастает и, поэтому, слух может быть использован им для контроля позы. При решении вопроса о роли дистантной и контактной информации в поддержании вертикальной позы оптимальными были бы условия эксперимента, при которых как зрительный, так и слуховой аффе-

рентные потоки отсутствуют. Достаточно сложно выполнить это условие при норме слуха, которая необходима для гарантии нормальной работы лабиринта, т.к. потребуются звукозаглушенное помещение. Мы не обнаружили в научной литературе данных по этому вопросу. Вместе с тем, обсуждается роль ведущей модальности в стратегии поддержания позы, т.е. предпочтение разными людьми определенного вида пространственной информации для контроля позы [6, 7]. Вероятно, что различия в контроле позы при разной ведущей модальности – зрительной у полезависимых людей, обусловленной дистантной сенсорной информацией, или вестибулярной и проприоцептивной (контактной) у полнезависимых людей, должны быть более четко проявлены в поструральных показателях при отсутствии любой дистантной информации – как зрительной, так и слуховой.

Ведущая модальность при оценке окружающего пространства является индивидуальной характеристикой человека и обуславливает так называемый когнитивный стиль: в случае ведущей роли зрения при ориентации в пространстве человека характеризуют как полезависимого (ПЗ), а в случае приоритета проприоцептивной информации — вестибулярной и кинестетической, человека определяют как полнезависимого (ПН) [6, 7]. У ПН показатели позы в различных условиях (в темноте, на свету или при стробоскопическом освещении) мало изменяются, а сегменты тела (голова, плечи, таз) при поддержании равновесия двигаются независимо друг от друга. У ПЗ в отсутствии зрения или зрительного стимула при поддержании вертикальной позы возрастает роль тазобедренных суставов, а все остальные сегменты тела (плечи, голова) колеблются “в блоке” с тазом.

Проведенные нами ранее исследования свидетельствуют о том, что когнитивный стиль влияет на стратегию поддержания вертикальной позы при ожидании звуковой информации о движении и во время ее прослушивания, что проявляется в существенных различиях стабилметрических показателей у ПЗ и ПН испытуемых, стоящих с закрытыми глазами [8, 9]. При сравнении групп ПН и ПЗ были обнаружены существенные различия в показателях длины траектории, площади эллипса и разброса в период ожидания информации о появлении источника звука и при его предъявлении независимо от того, движется ли этот источник. Большинство этих показателей для сагиттальной оси были больше по величине в группе ПН испытуемых, чем у ПЗ. Ранее в работах *B. Isableu et al.* [6, 7] было обнаружено, что при спокойной стойке с закрытыми глазами, т.е. при отсутствии зрительной информации испытуемые ПЗ были менее стабильны во фронтальной плоскости, чем испытуемые ПН. Возможные причины различий могли быть обусловлены как разным положением ног испытуемых (в наших работах это был европейский вариант позы Ротберга: пятки вместе, носки врозь, тогда как и в работах *B. Isableu et al.* применяли положение ног носок к пятке), так и игнорированием роли звуковой информации, неконтролируемое влияние которой могло кардинальным образом повлиять на результаты экспериментов. Это обстоятельство побудило нас провести исследование для групп ПЗ и ПН испытуемых по измерению стабилметрических параметров поддержания вертикальной позы при спокойном стоянии с закрытыми глазами и в звукозаглушенной камере при отсутствии звуковой стимуляции.

Цель данного исследования состояла в проверке гипотезы о том, что индивидуальные различия в стратегии поддержания позы людей с разной ведущей модальностью при ориентации в пространстве проявляются в стабилметрических

показателях при отсутствии зрительной и звуковой стимуляции.

МЕТОДИКА

В экспериментах принимали участие 22 чел. без диагностированных двигательных нарушений. Испытуемые были разделены на группы по результатам выполнения зрительного теста “Включенные фигуры Готтшальдта”: в случае, когда рассчитанный индекс ПЗ/ПН был меньше 2.5, испытуемого относили к группе ПЗ, а при большем — к ПН. В группу ПЗ вошли 11 чел. (4 мужчины и 7 женщин, средний возраст 35 лет), в группу ПН — 11 чел. (4 мужчины и 7 женщин, средний возраст 33 года).

Исследования проводили в анэхоидной звукозаглушенной камере объемом 62.5 м³. Испытуемые с закрытыми глазами стояли в стандартной позе (пятки вместе, носки врозь, руки опущены вниз вдоль тела) на стабилметрической платформе Стабилан-01 (ОБК “Ритм”, Россия), расположенной в центре помещения. Время нахождения на платформе было известно испытуемым и составляло 56 с регистрации с дополнительными 4–6 с, которые требовались для запуска программы регистрации, и 4 с для возвращения экспериментатора в камеру после окончания регистрации. Выполняли по 10 регистраций для каждого испытуемого, каждые две регистрации чередовали с периодами отдыха испытуемого. При последующем анализе постуральных показателей записи стабилограмм были разбиты на 7 временных периодов по 8 с каждый. При выборе длительности периодов учитывали данные, полученные нами в предыдущей работе [9]. Для каждого фрагмента были рассчитаны следующие стабилографические показатели колебаний центра давления (ЦД) тела:

1) коэффициент “качества функции равновесия”, далее просто качество равновесия, который рассчитывается в виде процентного отношения площади, ограниченной функцией распределения длин векторов скоростей, и некоторой константы, равной площади прямоугольника, ограниченно го осями координат, горизонтальной асимптотой функции кривой распределения длин скоростей и вертикальной границей;

2) площадь доверительного эллипса, далее — площадь эллипса, характеризует основную часть площади, занимаемой стабилограммой без, так называемых, петель и случайных выбросов. Характеризует рабочую площадь опоры;

3) коэффициент сжатия доверительного эллипса, далее — сжатие эллипса. Определяет “сплюснутость” статокинезиграмм (отношение длины большой оси доверительного эллипса к длине малой оси);

4) длина траектории вдоль сагиттальной и фронтальной оси (длина соответствующих составляющих стабиллографического сигнала);

5) средняя линейная скорость по сагиттальной и фронтальной оси, далее – скорость. Характеризует среднее значение проекции линейной скорости в сагиттальной и фронтальной плоскостях в процессе исследования;

6) смещение вдоль сагиттальной и фронтальной оси. Смещения определяют центр облака отсчетов кривой стабиллограммы и характеризуют дрейф координат ЦД в процессе проведения обследования после предварительной “центровки”;

7) разброс положения ЦД тела вдоль сагиттальной и фронтальной оси – среднеквадратическое отклонение ЦД по соответствующему направлению относительно смещения.

Статистические расчеты проводили в пакете программ *Statistica* v.5.5A. Достоверность различий величин показателей между группами ПЗ и ПН испытуемых осуществляли с применением непараметрического критерия Манна-Уитни для независимых выборок. Оценку групповых данных выполняли с применением парного непараметрического метода Вилкоксона.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Получены стабиллометрические показатели при поддержании вертикальной позы в течение одной минуты в отсутствие слуховой и зрительной стимуляции, которые свидетельствовали о существенных различиях в стратегии поддержания позы испытуемыми с разными когнитивными стилями. Эти данные были проанализированы в динамике для семи последовательных периодов, на которые разделили интервал регистрации в 56 с. Оценка динамики показателей позволила обнаружить небольшие достоверные изменения позы в течение этого времени. Примеры индивидуальных стабиллограмм в группах ПЗ и ПН испытуемых представлены на рис. 1, где видны повторяющиеся особенности формы и размера эллипса для одного и того же испытуемого.

Анализ данных стабиллометрии выполняли по группам испытуемых ПН и ПЗ. Стабиллометрические показатели, характеризующие колебания ЦД тела суммарно по обоим осям, были различными для испытуемых разных когнитивных стилей. Показатель “качество функции равновесия” составил 74–77% в группе ПН и 82–83% в группе ПЗ, он демонстрировал достоверную разницу между группами испытуемых во всех семи периодах. Разница между средними показателями в группах для периодов регистрации варьировала в пределах 6–9% (рис. 2, А). Показатель площадь эллипса составил 115–146 у. е. в группе ПН и 88–93 у. е. – в группе ПЗ (рис. 2, Б), а показатель сжатие эл-

липса – 2.2–2.4 и 1.9–2.0 соответственно (рис. 2, В). Относительная разница между группами достигала 24–38% в разных периодах для первого показателя и 10–20% – для второго. Различия в показателях, характеризующие эллипс, были достоверны во всех периодах наблюдения, кроме третьего и пятого – для площади эллипса, и первого – для сжатия (в виде тенденции $p < 0.07$). Более высокие значения показателя качество равновесия, меньшие – площадь эллипса и сжатие у ПЗ, вероятно, свидетельствовали о большей устойчивости испытуемых данной группы, по сравнению с ПН в условиях отсутствия зрительной и слуховой стимуляции. В то же время величины сжатия эллипса указывали на существенное различие показателей, характеризующих положение ЦД тела в проекциях на фронтальную и сагиттальную оси для обеих групп. Длина траектории, скорость и разброс в сагиттальной плоскости были примерно в 1.5–2 раза выше, по сравнению с аналогичными фронтальными показателями во всех периодах наблюдения (рис. 3).

Длина траектории по фронтальной оси оказалась стабильным показателем, была почти одинаковой для обеих групп в течение 56 с наблюдения, для разных периодов она составляла 38–46 мм. По сагиттальной оси длина траектории достоверно различалась между группами: у ПН испытуемых этот показатель составлял 72–77 мм, а у ПЗ – 54–60 мм. Он был выше в первой группе во всех периодах в среднем на 20–26%. Показатели длины траектории по сагиттальной оси превышали соответствующие показатели по фронтальной оси для ПЗ в среднем на 38–50% в разных периодах, а для ПН – на 65–82%. Аналогичные соотношения наблюдались и по параметру скорость перемещения ЦД тела: разница в показателях по сагиттальной и фронтальной осям составляла в среднем 40–52% для ПЗ и 73–86% для ПН (рис. 3, Б). При этом скорость перемещения ЦД тела по сагиттальной оси в разные периоды у ПН испытуемых была 8.3–9.0 мм/с и достоверно превышала данный показатель по той же оси у ПЗ на 22–40%. По фронтальной оси скорость составляла 4.4–5.0 мм/с, значимых различий по данному показателю между группами также не было выявлено. Разница по средним данным была менее 10% на первых шести периодах и только в последнем периоде достигала 15%.

Показатели разброса по фронтальной и сагиттальной осям были стабильными в течение времени регистрации в обеих группах испытуемых, и менялись в пределах 0.8–1.0 и 1.1–1.4 мм соответственно (рис. 3, В). Разброс по сагиттальной оси достоверно превышал соответствующий показатель по фронтальной оси в среднем на 24–33% в разных периодах для ПЗ и 37–57% – для ПН. Между группами испытуемых показатели разброса по сагиттальной оси различались с высокой до-

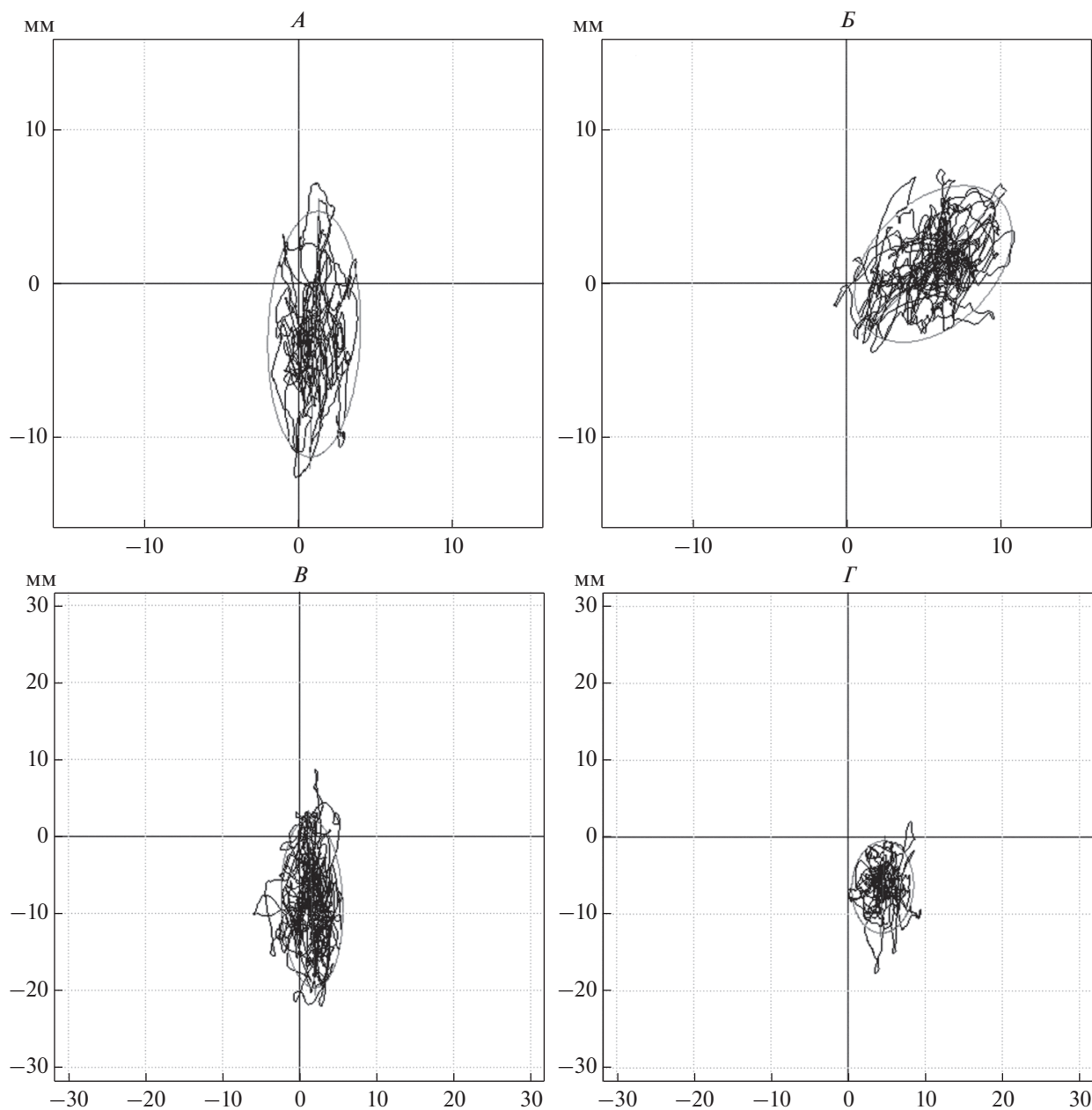


Рис. 1. Индивидуальные стахокинезиграммы ПН (*A, B*) и ПЗ (*B, Г*) испытуемых при спокойном стоянии в тишине с закрытыми глазами в течение 56 с.

По оси абсцисс: проекция положения ЦД тела испытуемого на сагиттальную ось, мм. По оси ординат: проекция положения ЦД тела испытуемого на фронтальную ось, мм.

стоверностью во всех периодах наблюдения ($p < 0.01$). Превышение в группе ПН составляло 16–23% по сравнению с ПЗ. По фронтальной оси данный показатель различался у испытуемых разных когнитивных стилей в среднем на 2–14%, разница не была достоверной. Таким образом, показатели, характеризующие колебания ЦД по фронтальной оси, демонстрировали большую стабильность и сходство между двумя группами испытуемых, а по сагиттальной оси среди анало-

гичных показателей были выявлены существенные различия.

Среднее положение ЦД тела (или смещение) для групп ПН и ПЗ испытуемых показано на рис. 4. Для сравнения показателя смещение в последовательных периодах времени выполняли нормирование: значение для первого периода принимали за нулевое. Изменения смещения ЦД не превышали в течение времени регистрации по средним данным по фронтальной оси 0.9 мм для

обеих групп, по сагиттальной оси – 1.6 и 0.9 мм для групп ПН и ПЗ соответственно. Таким образом, различия между группами испытуемых оказались более выражены по сагиттальной оси, но они были достоверны только в седьмом периоде наблюдения ($p < 0.02$). В этом же периоде было выявлено различие в виде тенденции и по фронтальной оси ($p < 0.08$).

Наряду со сравнением поструральных показателей между группами ПН и ПЗ, был выполнен анализ их динамики. Он показал, что наибольшие изменения изучаемых показателей обнаруживаются в последующих периодах по отношению к первому и в последних двух по отношению к предыдущему. Показатель качество равновесия был достаточно стабильным по ходу наблюдения, его изменение не превышало 4%. Показатель слабо возрастал на протяжении всего времени исследования в группе ПЗ, а у ПН – от первого периода к шестому, и затем к седьмому он несколько снижался. Несмотря на то, что наблюдавшееся изменение было мало, оно оказалось статистически достоверно ($p < 0.03$). В обеих группах испытуемых показатели площади эллипса и его сжатия достоверно не менялись.

Постуральные показатели, проанализированные в проекциях на фронтальную и сагиттальную оси, свидетельствовали об изменениях позы в начальном и двух последних периодах регистрации. Наблюдали небольшое – в пределах 12%, но достоверное увеличение длины траектории по сагиттальной оси во всех последующих периодах наблюдения по отношению к первому для группы ПЗ испытуемых ($p < 0.01$), а также второго, пятого и седьмого периодов по отношению к первому для ПН ($p < 0.05$). По фронтальной оси длина траектории в группе ПН испытуемых возрастала во втором и третьем периодах по отношению к первому на 5 и 8% соответственно ($p < 0.05$), а также в седьмом – на 9% по отношению к первому периоду и на 12% – к шестому ($p < 0.02$). В группе ПЗ испытуемых показатель различался только между первым и пятым периодами наблюдения: выявлено увеличение на 9% ($p < 0.02$). В конце исследованного периода выявлено снижение между пятым и седьмым периодами на 5% в виде тенденции ($p < 0.07$).

Скорость перемещения ЦД мало менялась на протяжении всего времени исследования, колебания в большинстве периодов не превышали 5%. По сагиттальной оси достоверное снижение скорости выявлено только между первым и шестым интервалами в группе ПН испытуемых ($p < 0.03$), а также в виде тенденции между третьим с пятым и седьмым ($p < 0.06$ и $p < 0.08$ соответственно). По фронтальной оси у ПН скорость снижалась от первого интервала к пятому и шестому в среднем на 6% ($p < 0.05$). В седьмом периоде скорость воз-

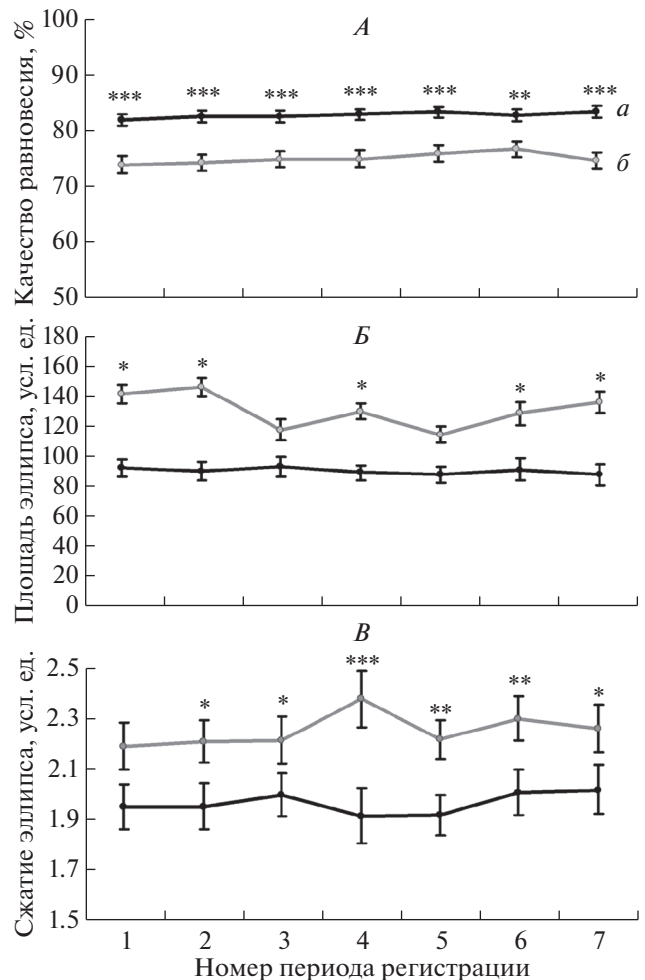


Рис. 2. Средние по группам ПЗ (а) и ПН (б) стабилометрические показатели: качество равновесия (А), площадь эллипса (Б) и сжатие эллипса (В), характеризующие колебания ЦД у испытуемых при стоянии в тишине с закрытыми глазами. По оси абсцисс: номер периода регистрации. По оси ординат: среднее по группе значение показателя А – в %, Б и В – в условных единицах (усл. ед.). Вертикальной линией показана стандартная ошибка среднего. Указаны достоверные различия между показателями в группах ПН и ПЗ (непараметрический критерий Манна-Уитни для независимых выборок, * – $p < 0.05$, ** – $p < 0.01$, *** – $p < 0.001$).

растала на 13% по сравнению со скоростью в шестом периоде, однако рост оказался не достоверным. Изменения разброса по ходу наблюдения были минимальны и проявлялись в виде тенденции к увеличению в группе ПН испытуемых по фронтальной оси между пятым и седьмым интервалами на 13% ($p < 0.07$), а у ПЗ – к снижению разброса по сагиттальной оси между третьим и шестым интервалами на 7% ($p < 0.06$).

Динамика среднего положения ЦД, т.е. смещения, проявлялась в том, что ПН испытуемые во время исследования последовательно отк-

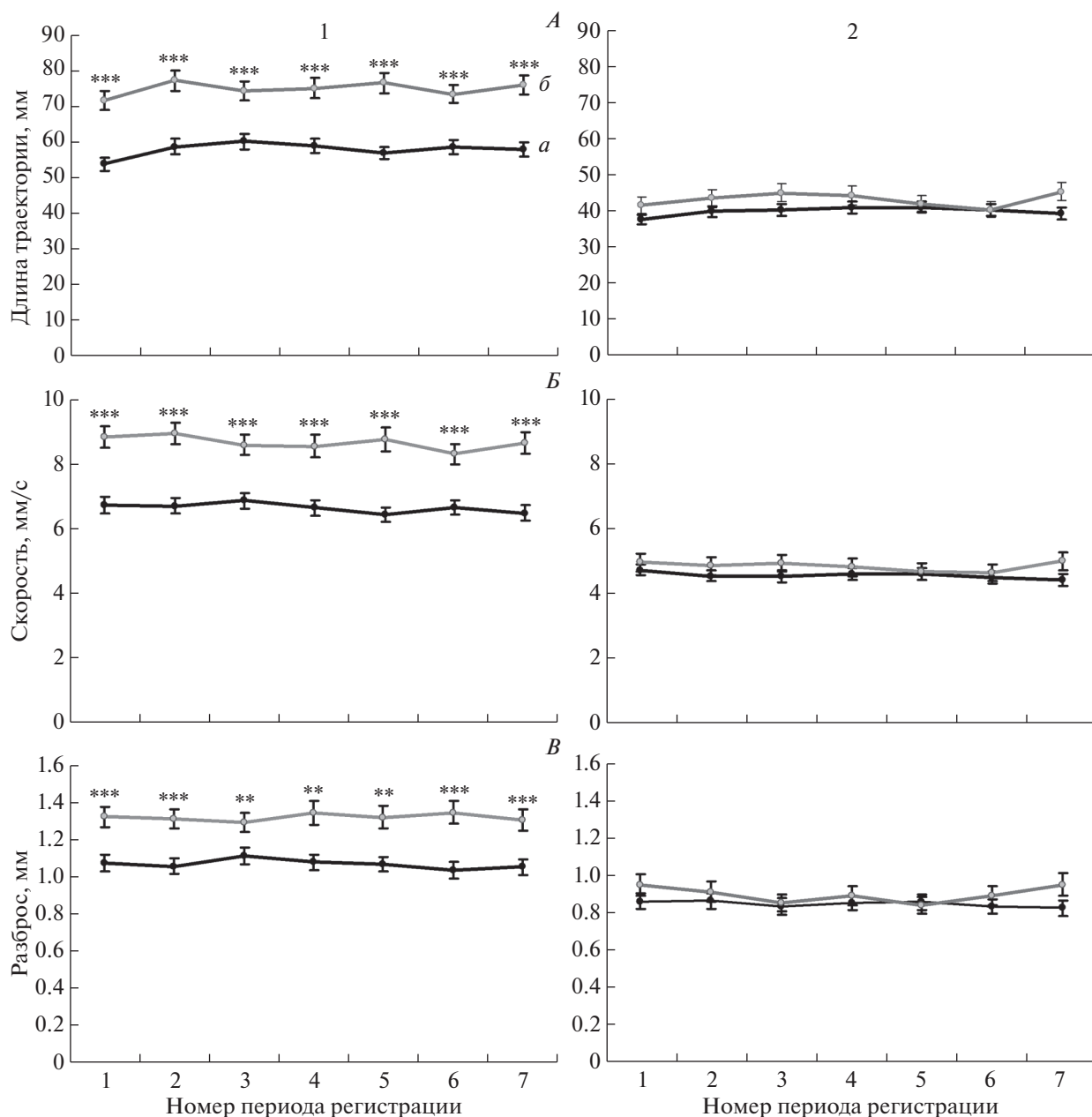


Рис. 3. Стабилометрические показатели по сагитальной (1) и фронтальной (2) осям, усредненные по группам ПЗ (а) и ПН (б) испытуемых при их стоянии в тишине с закрытыми глазами: длина траектории ЦД (А), скорость (Б) и разброс (В).

По оси абсцисс обозначен номер периода регистрации. По оси ординат: среднее значение показателя в мм (А, В) и в мм/с (Б). Остальные обозначения см. рис. 2.

нялись назад: достоверные отличия выявлены для первого и второго периодов со всеми последующими ($p < 0.03$).

У ПЗ испытуемых изменения данного показателя по сагитальной оси были недостоверными. Смещение по фронтальной оси мало изменялось у испытуемых обеих групп, вплоть до последних двух периодов. Достоверное снижение показателя (соответствует смещению в левую сторону) для

ПН испытуемых выявлено в седьмом периоде со всеми предыдущими ($p < 0.05$). По индивидуальным данным ПН испытуемых выявили, что 8 из 11 участников эксперимента в последнем периоде максимально опирались на левую ногу, 2 — на правую, в одном случае предпочтения ноги не было. В группе ПЗ наблюдали обратное изменение (смещение вправо) в шестом и седьмом периодах, по сравнению с четвертым и пятым ($p < 0.05$),

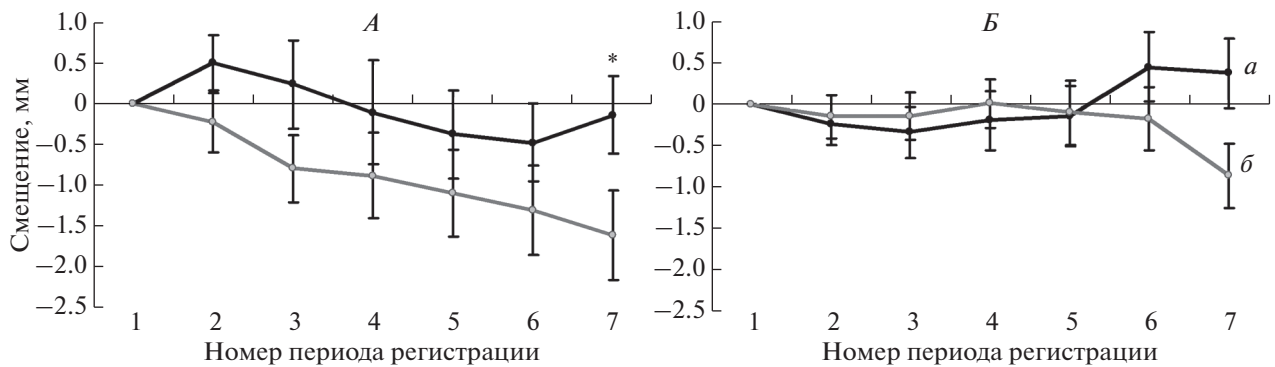


Рис. 4. Динамика среднего положения ЦД по сагиттальной (А) и фронтальной осям (Б) в группах ПЗ (а) и ПН (б) испытуемых при стоянии в тишине с закрытыми глазами. По оси ординат: смещение, мм. Остальные обозначения см. рис. 3.

а также с третьим в виде тенденции ($p < 0.08$). В этой группе 6 из 11 испытуемых в последних периодах отклонялись направо, 2 — налево, 3 — не проявляли предпочтения ноги.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Выявлена динамика показателей при поддержании вертикальной позы в течение 56 с в тишине с закрытыми глазами. Первый и последний периоды регистрации поструральных показателей отличались от большинства остальных периодов по длине траектории, скорости ЦД (в проекциях на фронтальную и сагиттальную оси) и по качеству равновесия в обеих группах испытуемых. Процедура эксперимента предусматривала, что испытуемый вставал на платформу в фиксированной позе, после чего экспериментатор выходил из звукоизолированной камеры и запускал регистрацию положения ЦД тела. До начала регистрации проходило 4–6 с, поэтому первый зарегистрированный период фиксировал показатели спустя эти несколько секунд, уже в отсутствие не только световых, но и звуковых раздражителей. В первом периоде длина траектории оказалась меньше по сравнению с остальными, что может быть обусловлено адаптацией к нестабильной опоре, которой является стибилметрическая платформа.

Испытуемый знал о времени, в течение которого он будет стоять на платформе, и, поскольку процедура выполнялась неоднократно, он находился в состоянии ожидания возвращения экспериментатора в известный момент времени. Только после завершения периода регистрации поструральных показателей в течение 56 с экспериментатор проходил в звукоизолированную камеру для команды испытуемому сойти с платформы, т.е. команда поступала спустя 4 с после завершения периода регистрации. В двух последних периодах регистрации выявили изменения поструральных

показателей, которые могли быть вызваны произвольной подготовкой испытуемого к последующему сходу с платформы. Они проявлялись за 16–20 с, как и в случае со звуковой информацией в работе [9]. Длина траектории и скорость ЦД в обоих случаях уменьшались. При ожидании звуковой информации из определенной точки пространства в течение 40 с изменялись разброс и площадь эллипса. В данной и вышеупомянутой работах анализ показателей происходил в течение 56 с. При ожидании команды на сход с платформы поструральные показатели до 56 с демонстрировали произвольную подготовку. В двух последних периодах изменения смещения по фронтальной оси свидетельствовали о перенесении положения ЦД в направлении опорной левой ноги у большинства ПН испытуемых. Эти изменения сопровождалось увеличением длины траектории и скорости ЦД во фронтальной плоскости и небольшим изменением качества равновесия. Тогда как в предыдущей работе при ожидании звуковой информации процессы, связанные с ожиданием звуковой информации, завершались к 40 с. Постуральные показатели двух последних периодов в течение 16 с отражали реакцию на звуковую стимуляцию. Таким образом, при разных периодах ожидания двух разных событий наблюдали близкие по стибилметрическим показателям характерные изменения позы, которые можно интерпретировать как произвольную подготовку.

Особого внимания заслуживает смещение ЦД в направлении назад на протяжении всего периода ожидания у ПН испытуемых, как и в случае с ожиданием звуковой информации в упомянутой выше работе. Причем смещение ЦД по величине при стоянии в тишине соответствовало случаю ожидания неподвижного звукового образа. Это подтверждает справедливость представления о том, что при инструкции спокойно стоять в течение времени около 1 мин испытуемый находится

в состоянии ожидания и в конце периода непроизвольно готовится к сходу с платформы. Перестройка позы для последующего движения при шагании была впервые выявлена при подъеме руки стоящего человека в работе [10]. Она проявлялась в смещении тела назад и к опорной ноге и вела к дестабилизации позы перед последующим шагом. В данном исследовании мы также наблюдали у ПН испытуемых смещение ЦД тела назад и влево, а также увеличение длины траектории и скорости смещения ЦД в последнем периоде наблюдения, что могло приводить к некоторому уменьшению качества равновесия. Таким образом, мы получили изменения, характерные для преднастройки позы, но в течение более длительного периода времени. Изменения поструральных показателей в наших экспериментах проявлялись в интервалах 16–20 с перед началом действия, что существенно превышает временной интервал, типичный для поздней преднастройки перед движениями тела, который не превышает 1.5 с.

Сопоставление поструральных показателей по сагиттальной оси в группах ПН и ПЗ испытуемых показало, что на протяжении всего периода регистрации длина траектории ЦД, скорость и разброс значительно больше в первой группе, по сравнению со второй. Эти данные повторяли результаты, полученные нами ранее при ожидании звуковой информации [9]. В то время как по фронтальной оси аналогичные показатели были существенно меньше по величине и не различались между испытуемыми обеих групп на протяжении времени регистрации, за исключением последнего периода. В литературе имеются сведения о том, что люди с различным когнитивным стилем – ПЗ и ПН, характеризуются разными стратегиями поддержания равновесия, при этом у ПН в поддержании равновесия участвует большее количество сегментов тела, чем у ПЗ испытуемых, колебания тела которых осуществляется “единым блоком” [6, 7]. Можно полагать, что большее количество степеней свободы, которое наблюдается у испытуемых с независимым движением головы, плеч и таза при регуляции позы, приводит к большим колебаниям ЦД тела по сравнению с ПЗ испытуемыми.

Наблюдаемые нами различия в группах испытуемых с разной ведущей модальностью могли проявляться при стойке с закрытыми глазами после опорной разгрузки во время “сухой” иммерсии [3]. Авторы этого исследования высказали гипотезу о наличии разных стратегий для поддержания поздней устойчивости в группах испытуемых, демонстрирующих разнонаправленные реакции после опорной разгрузки. В нашем случае в качестве разгрузки может выступать помещение испытуемого в звукоизолированную камеру с отсутствием звуковой стимуляции. Возможно, что разные стратегии поддержания позы как в нашей,

так и в упомянутой работе могли быть обусловлены различной ведущей модальностью у испытуемых при ориентации в пространстве.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Стратегия поддержания вертикальной позы (пятки вместе, носки врозь, руки опущены вниз вдоль тела) существенно различается в группах ПН и ПЗ при спокойном стоянии в отсутствие дистантной – зрительной и звуковой стимуляции. Эта разница регистрируется в показателях позы по сагиттальной оси и состоит в более выраженных колебаниях по этой оси у ПН испытуемых по сравнению с ПЗ, а также в наличии у ПН смещения ЦД назад на протяжении всего времени стояния. Проведенные наблюдения свидетельствуют о том, что, несмотря на близкие показатели качества равновесия в условиях отсутствия зрительной и звуковой информации, при его поддержании испытуемые разных когнитивных стилей придерживаются различной стратегии.

Этические нормы. Все исследования проведены в соответствии с принципами биомедицинской этики, сформулированными в Хельсинкской декларации 1964 г. и ее последующих обновлениях, и одобрены локальной Этической комиссией Института эволюционной физиологии и биохимии им. И.М. Сеченова РАН (Санкт-Петербург), протокол № 1-03 от 2.03.2020.

Информированное согласие. Каждый участник исследования представил добровольное письменное информированное согласие, подписанное им после разъяснения ему потенциальных рисков и преимуществ, а также характера предстоящего исследования.

Финансирование работы. Работа поддержана средствами государственного бюджета по госзаданию (тема № АААА-А18-118013090245-6).

Благодарности. Авторы статьи выражают благодарность Лаборатории физиологии движения Института физиологии им. И.П. Павлова (Санкт-Петербург) за предоставленную возможность работать на стабилोगрафе “Стабилан 01”.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией данной статьи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kozlovskaya I.B., Barmin V.A., Kreidich Yu.V., Repin A.A. The effects of real and simulated microgravity on vestibulo-oculomotor interaction // *Physiologist*. 1985. V. 28. № 6. P. 51.
2. Саенко Д.Г., Артамонов А.А., Козловская И.Б. Характеристика поздних коррекционных ответов до и после длительных космических полетов // *Физиология человека*. 2011. Т. 37. № 5. С. 91.
Sayenko D.G., Artamonov A.A., Kozlovskaya I.B. Char-

- acteristics of postural corrective responses before and after long-term spaceflights // *Human Physiology*. 2011. V. 37. № 5. P. 594.
3. *Амирова Л.Е., Шишкин Н.В., Китов В.В. и др.* Роль зрительной обратной связи в контроле вертикальной устойчивости человека до и после 5-суточной "сухой" иммерсии // *Авиакосмическая и экологическая медицина*. 2017. Т. 51. № 7. С. 31.
 4. *Fuchs D.* Dancing with Gravity—Why the Sense of Balance Is (the) Fundamental // *Behav. Sci*. 2018. V. 8. № 1. P. 7.
 5. *Magnusson M.* Posture, balance control, movement: Involvement in vestibular rehabilitation // *Neurophysiol. Clin*. 2016. V. 46. № 4–5. P. 238.
 6. *Isableu B., Ohlmann Th., Cremieux J., Amblard B.* Selection of spatial frame of reference and postural control variability // *Exp. Brain Res*. 1997. V. 114. № 3. P. 584.
 7. *Isableu B., Ohlmann Th., Cremieux J., Amblard B.* Differential approach to strategies of segmental stabilization in postural control // *Exp. Brain Res*. 2003. V. 150. № 2. P. 208.
 8. *Андреева И.Г., Гвоздева А.П., Боброва Е.В.* Постуральные ответы на движущиеся звуковые образы в зависимости от ведущей сенсорной модальности при ориентации в пространстве // *Рос. физиол. журн*. 2019. Т. 105. № 2. С. 178.
 9. *Тимофеева О.П., Гвоздева А.П., Боброва Е.В., Андреева И.Г.* Постуральные колебания у людей с разным когнитивным стилем при ожидании слуховой информации о движении // *Журн. высшей нерв. деят. им. И.П. Павлова*. 2020. Т. 70. № 6. С. 752.
 10. *Беленький И.Е., Гурфинкель В.С., Пальцев Е.И.* Об элементах управления произвольными движениями // *Биофизика*. 1967. Т. 12. № 1. С. 135.

Postural Control Features of Field-Dependent and Field-Independent Subjects in the Absence of Visual and Audio Information

O. P. Timofeeva^a, I. G. Andreeva^{a,*}

^a*Sechenov Institute of Evolutionary Physiology and Biochemistry, RAS, St. Petersburg, Russia*

^{*}*E-mail: ig-andreeva@mail.ru*

Stabilometric indicators were registered during maintaining the vertical posture (European version of Rotberg's posture: heels together, toes apart, hands down at the sides) for one minute in absence of visual and audio stimulation. In the study a hypothesis that strategy of maintaining the posture in absence of distant information depends on a predominant modality in spatial orientation, was tested. The differences in the trajectory length and speed of center of pressure (COP) and variation of COPs at saggital axis between groups of FD and FI subjects were detected. This difference was expressed in the more significant fluctuations of values at siggital axis in FI subjects in comparison with FD subjects. The values of the same indicators along the frontal axis did not significantly differ. Higher values of balance quality and smaller values of an ellipse area and ellipse compression in FD subjects in comparison with FI subjects were observed. These observations show the difference in balance between groups of subjects in absence of audio and visual information. Tracing of postural sway dynamics in FI subjects the COP shift to the back was found at whole period of standing. For FD subjects no significant changes of COP shift were detected.

Keywords: pose adjustment, orientation in space, field dependence, stabilometry, pre-adjustment of the pose.