

**ФИЗИОЛОГИЯ ВЫСШЕЙ НЕРВНОЙ  
(ПСИХИЧЕСКОЙ) ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА**

УДК 612.833

**МЫШЕЧНЫЕ ПОСТЭФФЕКТЫ И ПОДДЕРЖАНИЕ РАВНОВЕСИЯ  
У ЗДОРОВЫХ И БОЛЬНЫХ С НАРУШЕНИЯМИ  
СЕНСОМОТОРНОЙ ИНТЕГРАЦИИ**

© 2011 г. В. Л. Талис, М. А. Капитонов\*, Е. В. Максимова\*\*

*Институт проблем передачи информации им. А.А. Харкевича РАН, Москва,*

*\*МАТИ – Российский государственный технологический университет,*

*\*\*Культурно-досуговое учреждение “Центр Триада”, Москва*

*e-mail: talis@iitp.ru; mkapitan91@mail.ru; elena@maximova.org*

Поступила в редакцию 15.03.2010 г.

Принята в печать 18.10.2010. г.

Сравнивали вертикальную стойку больных с нарушениями сенсомоторной интеграции и здоровых испытуемых до и после 30 с произвольного напряжения мышц шеи. В исследовании участвовали 7 здоровых и 7 больных с нарушениями сенсомоторной интеграции. Траекторию движения центра давления регистрировали в течение 30 с стояния с открытыми, закрытыми глазами и на поролоновом коврике с открытыми глазами до и после произвольного напряжения мышц шеи. Площадь колебаний больных в стойке с открытыми глазами и на поролоне была больше, чем у здоровых, а среднее положение центра тяжести в стойке с открытыми и закрытыми глазами было ближе к оси голеностопных суставов. Закрывание глаз оказывало меньшее дестабилизирующее влияние на больных, чем на здоровых. 30-секундное напряжение мышц шеи у здоровых испытуемых привело к смещению центра давления назад к оси голеностопных суставов, особенно в стойке с закрытыми глазами, и уменьшению длины кривой центра давления, особенно ее фронтальной составляющей в стойке на поролоне. У больных постэффект на произвольное напряжение мышц шеи выразился в уменьшении площади колебаний на поролоне и относительном приросте фронтальных колебаний в стойке с закрытыми глазами. Результаты позволяют заключить, что стойка больных с нарушениями сенсомоторной интеграции более чувствительна к изменениям проприоцептивной, чем зрительной афферентации, а 30-секундное произвольное напряжение мышц шеи позволяет приблизить показатели вертикальной устойчивости больных к уровню их возрастной нормы.

*Ключевые слова: мышечный постэффект, нарушение сенсомоторной интеграции, вертикальная стойка, стабилметрия.*

**Muscle Post-Effects and Upright Standing in Healthy Subjects  
and Patients with Sensory-Motor Integration Disorders**

**V. L. Talis, M. A. Kapitonov, E. V. Maximova**

*Kharkevich Institute for Information Transmission Problems, Russian Academy of Sciences*

*Moscow State Aviation Technological University*

*Public Leisure Institution “Triada-Center”, Moscow*

*talis@iitp.ru; mkapitan91@mail.ru; elena@maximova.org*

We compared the upright standing in 7 patients with sensory-motor disorders and 7 healthy subjects (control) before and after 30-s involuntary neck muscle contraction. A trajectory of the center of pressure was recorded during 30-s standing with the eyes open, eyes closed and standing on a foam-rubber rug with the eyes open. As compared to healthy subjects, patients exhibited an increased body sway area during standing with the eyes open on both the firm surface and foam-rubber and a backward shift of the center of pressure during standing with the eyes both open and closed. Closing the eyes affected the upright standing of patients to a lesser extent than standing of healthy subjects. Involuntary neck muscle contraction within 30 s elicited a backward shift of the center of pressure in healthy subjects, especially during standing with the eyes closed, and a decrease in the length of the center-of-pressure trajectory, especially of its frontal component during standing on the foam-rubber. In patients, a post-effect of the neck muscle contraction manifested itself as a decrease in the body sway area during standing on the foam-rubber and relative increase in the frontal component of the center-of-pressure trajectory during standing with the eyes closed. The results suggest that the upright standing of patients with sensory-motor disorders is more sensitive to somatosensory than visual input, and 30-s neck muscle contraction approach their postural stability to the age-matched control.

*Key words: muscle post-effect, sensorimotor integration disorder, upright standing, stabilometry*

Н.А. Бернштейн писал, что тело является не только исходной системой координат, к которой соотносятся рецепции и движения, но и конечной целью этих рецепций и движений. Объединяясь вместе, тактильные и проприоцептивные рецепции обобщаются по единой для всех сигналов системе координат собственного тела [2]. Если на осознаваемом уровне отражается лишь небольшая часть работы нервной системы, связанная, например, с целенаправленными действиями и приобретением двигательного навыка, то большинство интегративных действий протекает на подсознательном уровне, как, например, управление вертикальной позой. Уровень управления вертикальной позой содержит внутреннюю модель тела и формируется примерно к 7-летнему возрасту, однако обретение активной, целесообразной позы должно опираться на правильную рефлекторную тонизацию всей шейно-туловищной мускулатуры [3].

Поскольку у взрослого человека построение уровня тонической регуляции, как правило, завершено, то исследования на детях, а также больных с нарушениями сенсомоторной интеграции имеют исключительное значение для выяснения организации этого уровня. К методам воздействия на уровень тонической регуляции относятся так называемые мышечные постэффекты, в том числе эффект Конштамма, проявляющийся у человека с опущенными вниз руками в виде непроизвольного подъема руки вверх после 30–40 с отталкивания рукой вбок от стены. Этот эффект оказался более выраженным для проксимальных, чем для дистальных мышц [5, 6]. В последние годы было показано, что мышечные постэффекты возникают в результате 30 с закручивания торса стоящего испытуемого [10] и произвольного изометрического напряжения мышц шеи сидящего человека [7]. В последней работе постэффект напряжения мышц шеи приводил также к выравниванию вертикальной стойки больного с ампутированной ногой. Принято считать, что существенное последствие тонического напряжения мышц связано с изменением состояния центральных структур в ответ на мышечное напряжение и демонстрирует роль тонических влияний на центральное управление позой и координацией движений.

Наблюдения над больными с нарушениями сенсомоторной интеграции, посещавшими занятия в Культурно-досуговом “Центре Триада”, продемонстрировали [4], что опре-

деленный вид коррекционного воздействия может оказывать продолжительный терапевтический эффект. Это коррекционное воздействие состоит в сдавливании головы испытуемого, сидящего на твердом стуле с ногами, плотно поставленными на пол. Такое сдавливание приводит через 1–2 мин к непроизвольному распрямлению позвоночника, сопровождающемуся растяжением мышц шеи. Это воздействие вместе с регулярным применением эрготерапии [1] оказывало положительное влияние на общее развитие координации таких больных. Нарушение сенсомоторной интеграции было выделено в виде заболевания у детей [1, 11] по признаку атипичной реакции на сенсорные стимулы. Обзор литературы по применению сенсорной стимуляции для лечения больных с нарушением сенсомоторной интеграции [12], представляя эмпирические данные, указывает, что необходима объективная оценка результатов такого воздействия.

В настоящей работе предпринята попытка стабилметрической оценки постэффекта непроизвольного напряжения мышц шеи в результате распрямления позвоночника (“коррекционное воздействие”). Анализировали вертикальную стойку на твердом полу с открытыми и закрытыми глазами, а также стойку с открытыми глазами на поролоновом коврике до и после коррекционного воздействия у здоровых и больных с нарушениями сенсомоторной интеграции. Предполагалось, что непроизвольное напряжение мышц шеи изменит параметры вертикальной устойчивости, однако проявление постэффекта будет зависеть от устойчивости исходной стойки испытуемых и условий стояния.

## МЕТОДИКА

Обследовано 7 здоровых (средний возраст  $19 \pm 2.4$  лет, рост  $168.9 \pm 10.4$  см, масса тела  $60.0 \pm 8.6$  кг) и 7 больных с нарушением сенсомоторной интеграции (олигофренией в стадии дебильности — 3 человека и имбецильности — 4 человека, табл. 1) (средний возраст  $23.7 \pm 7.1$  лет, рост  $165.1 \pm 8.8$  см, масса тела  $70.0 \pm 15.6$  кг), проходивших занятия в Культурно-досуговом учреждении “Центр Триада”. Все здоровые испытуемые и родители больных были информированы о процедуре исследований и дали согласие на участие в экспериментах. Стабилографическое обследование проводили на стабилографе “Стаби-

**Таблица 1.** Характеристика больных  
**Table 1.** Characteristics of patients

Испытуемые	Диагноз	Возраст, годы, пол	Координационное развитие соответствует возрасту, годы	Мышечный тонус	Способности к бегу (1–3)	Способности к лазанию* (1–3)	Способности к ходьбе по лестнице (1–3)
1. Г-ва	ДЦП	24, ж	10	Гипотония	3	3	3
2. М-на	ДЦП	30, ж	10	Гемиплегия Справа	3	3	3
3. П-на	УО	15, ж	10	Гипотония	3	3	3
4. Г-ов	Олигофрения	20, м	4	»	1	1	2
5. Ев-ов	»	22, м	4	»	2	1	1
6. Гр-ва	»	19, ж	2	»	1	1	1
7. Т-н	УО	36, м	10	Дистония	3	2	3

*Примечание.* ДЦП – детский церебральный паралич, УО – умственная отсталость. \* – способность опускаться – подниматься по неровным поверхностям (например, на детской игровой площадке): 1 – неспособны, 2 – способны с трудом, 3 – способны хорошо выполнять.

лан” (Таганрог) (частота оцифровки 50 Гц). Испытуемые стояли симметрично относительно центра платформы, опустив руки свободно вдоль тела или держась за полы своей одежды (в случае больных), носки врозь, расстояние между пятками – 10 см. Стоя с открытыми глазами, испытуемые смотрели на мишень, которая располагалась на расстоянии 3.5 м, а больные – на экспериментатора, стоявшего на том же расстоянии и привлекавшего их внимание словесными командами. Регистрировали стабиллографические данные в трех условиях – стойка на твердом полу с открытыми глазами (ГО), стойка на твердом полу с закрытыми глазами (ГЗ) и стойка на поролоновом коврике с открытыми глазами (Поролон). В условии ГЗ больные стояли в очках с матовыми стеклами, а экспериментатор стоял рядом, страхуя их в случае потери устойчивости. Длительность пробы у здоровых составляла 30 с, у больных – от 20 до 30 с, поскольку если больные начинали двигать головой или руками раньше, чем за 10 с до конца записи, регистрацию прерывали и всю запись не использовали для анализа. Перерыв между пробами составлял 10–20 с, записывали по две пробы в каждом условии. Последовательность предлагаемых условий стояния была всегда одинакова – ГО, ГЗ, Поролон. Это объяснялось тем, что параметры вертикальной стойки в положении ГО брались в качестве контрольных, и, кроме того, для стойки на поролоновом коврике испытуемый должен был сойти со стабиллографа на пол и за-

тем встать обратно на стабиллограф, накрытый поролоном, на то же место относительно центра платформы. Поскольку эта процедура требовала дополнительного времени, то исследования на поролоне всегда делались в конце. При записи сигнал стабиллограммы не центрировался (т.е. положение центра давления на стопе в начальный момент пробы не принимали за ноль) для того, чтобы можно было судить о среднем положении центра давления (ЦД) относительно оси голеностопного (г/с) сустава и сравнивать его с таковым в других условиях. Воспроизводимость положения стоп на стабиллоплатформе от пробы к пробе обеспечивалось тем, что на стабиллографе отмечали контур стопы и проекцию оси г/с суставов для каждого испытуемого. Мягкая опора представляла собой поролоновый коврик стандартной плотности 25 кг/м<sup>3</sup>, марки ST2534, размером 47 × 47 см с исходной толщиной 11 см. После эксперимента данные обрабатывались с помощью программы Matlab. Продолжительность всего эксперимента составляла 30 мин. Между сериями испытуемые отдыхали 1–2 мин, сидя на стуле. После проведения всех проб испытуемые подвергались коррекционному воздействию, после чего снова проводилось то же стабиллографическое обследование.

*Коррекционное воздействие.* При коррекционном воздействии испытуемый сидел на краю стула с жестким сиденьем, колени под углом 90 град., стопы плотно прижаты к полу. Экспериментатор сдавливал голову испытуе-

**Таблица 2.** Стабилометрические показатели вертикальной стойки в двух группах испытуемых до и после коррекционного воздействия (среднее  $\pm$  стандартное отклонение)**Table 2.** Some stabilometric data compared for 2 groups of subjects before and after correction (mean  $\pm$  standard deviation)

Параметр устойчивости	Условия	Здоровые		Больные	
		ДО	ПОСЛЕ	ДО	ПОСЛЕ
ЦД – г/с	ГО, %	25.1 $\pm$ 6.8	23.9 $\pm$ 7.1	21.2 $\pm$ 5.8	23.6 $\pm$ 10.8
	См	6.3 $\pm$ 2.0	6.0 $\pm$ 2.2	5.4 $\pm$ 1.8 <sup>#</sup>	6.1 $\pm$ 3.4
	ГЗ, %	25.9 $\pm$ 7.3	24.8 $\pm$ 7.3 <sup>*</sup>	22.4 $\pm$ 5.0	23.8 $\pm$ 6.6
	См	6.5 $\pm$ 2.2	6.2 $\pm$ 2.2	5.7 $\pm$ 1.6 <sup>#</sup>	6.0 $\pm$ 2.1
	Поролон, %	28.6 $\pm$ 9.0	28.5 $\pm$ 11.2	27.2 $\pm$ 10.2	30.8 $\pm$ 7.7
	См	7.2 $\pm$ 3.0	7.2 $\pm$ 3.0	7.0 $\pm$ 3.5	7.9 $\pm$ 2.7
Площадь колебаний, см <sup>2</sup>	ГО	3.0 $\pm$ 2.0	2.7 $\pm$ 1.7	10.5 $\pm$ 5.4 <sup>#</sup>	13.7 $\pm$ 8.3 <sup>#</sup>
	ГЗ	5.0 $\pm$ 2.8 <sup>&amp;</sup>	2.6 $\pm$ 1.5	12.2 $\pm$ 10.0	12.7 $\pm$ 6.0 <sup>#</sup>
	ГЗ/ГО	1.9 $\pm$ 0.8	1.3 $\pm$ 0.3	1.1 $\pm$ 0.6	1.1 $\pm$ 0.8
	Поролон	6.1 $\pm$ 3.7 <sup>&amp;</sup>	6.4 $\pm$ 2.9 <sup>&amp;</sup>	16.6 $\pm$ 4.0 <sup>#</sup>	11.7 $\pm$ 5.5 <sup>*</sup>
	Поролон/ГО	2.2 $\pm$ 0.5	2.8 $\pm$ 1.2	2.0 $\pm$ 1.3	1.0 $\pm$ 0.4

*Примечание.* ГО – глаза открыты, ГЗ – глаза закрыты, Поролон – стойка на поролоне. ЦД – г/с – расстояние от среднего положения ЦД до линии, соединяющей наружные лодыжки, см; % – в процентах от длины стопы; \* –  $p < 0.05$  – по сравнению с ДО, # –  $p < 0.05$  по сравнению со здоровыми, & –  $p < 0.05$  по сравнению с положением ГО.

мого, кладя руки на его голову так, чтобы пальцы плотно прилегали к черепу. Одна рука располагалась в области затылочного выступа, а вторая расставленными пальцами надавливала на симметричные области костей лба. Давление производилось в передне-заднем направлении, т.е. руки давили навстречу друг другу. Положение головы относительно корпуса во время коррекционного воздействия регистрировали с помощью потенциометрического датчика TSD 130А фирмы “Віорас МР150”. После того как позвоночник испытуемого распрямлялся (угол между головой и шеей увеличивался в сторону разгибания примерно на 10 град.), воздействие продолжалось еще 30 с.

*Анализ данных.* При обработке данных вычислялись следующие параметры:

1. среднее расстояние от ЦД до оси г/с суставов или расстояние от среднего положения ЦД до линии, соединяющей наружные лодыжки (см или % к длине стопы испытуемого)[12].

2. нормированная по времени длина сагиттальной и фронтальной составляющей кривой ЦД (дм/мин);

3. площадь колебаний ЦД (см<sup>2</sup>) [12]. Для расчета площади колебаний ЦД рассматривалась

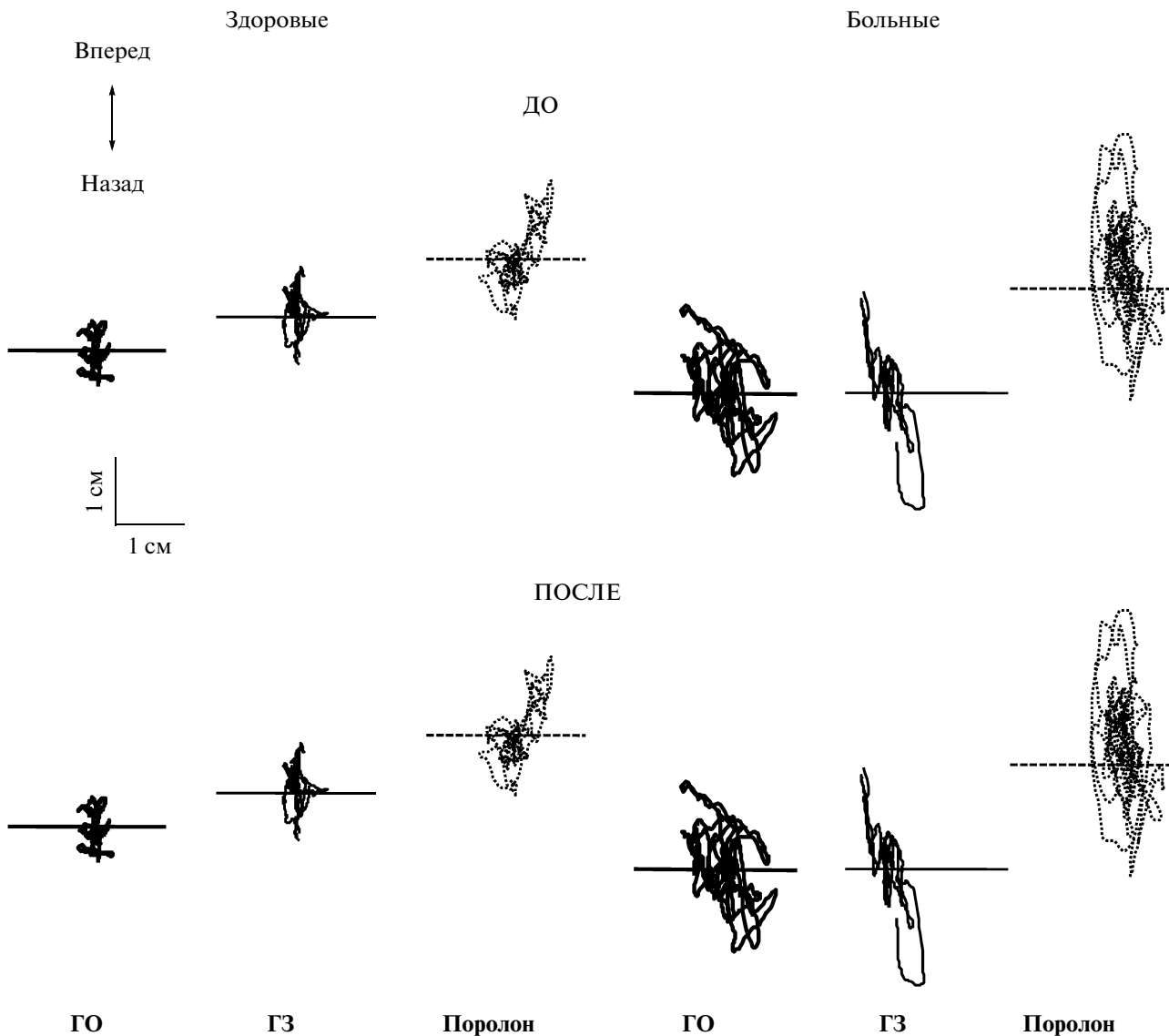
фигура, образованная точками средних значений координат центрированной кривой ЦД в каждом из 10-градусных интервалов (график кривой делили на 36 равных секторов с шагом 10 град.). Площадь фигуры рассчитывали по функции программы Matlab polyarea.

*Статистический анализ.* Для выяснения значимости изменения анализируемых параметров использовали статистические программы ANOVA. Поскольку предварительный анализ данных показал, что их распределение отличается от нормального, а также вследствие маленькой выборки данных для статистического анализа был выбран непараметрический *post-hoc* Тьюки-тест. В некоторых случаях для определения статистической достоверности результатов применяли также парный t-тест Стьюдента.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

### Вертикальная стойка здоровых и больных до воздействия.

*Глаза открыты.* Среднее положение ЦД за время пробы и площадь колебаний ЦД в среднем по обеим группам приведены в табл. 2, нормированная длина сагиттальной и фронтальной составляющих траектории ЦД –

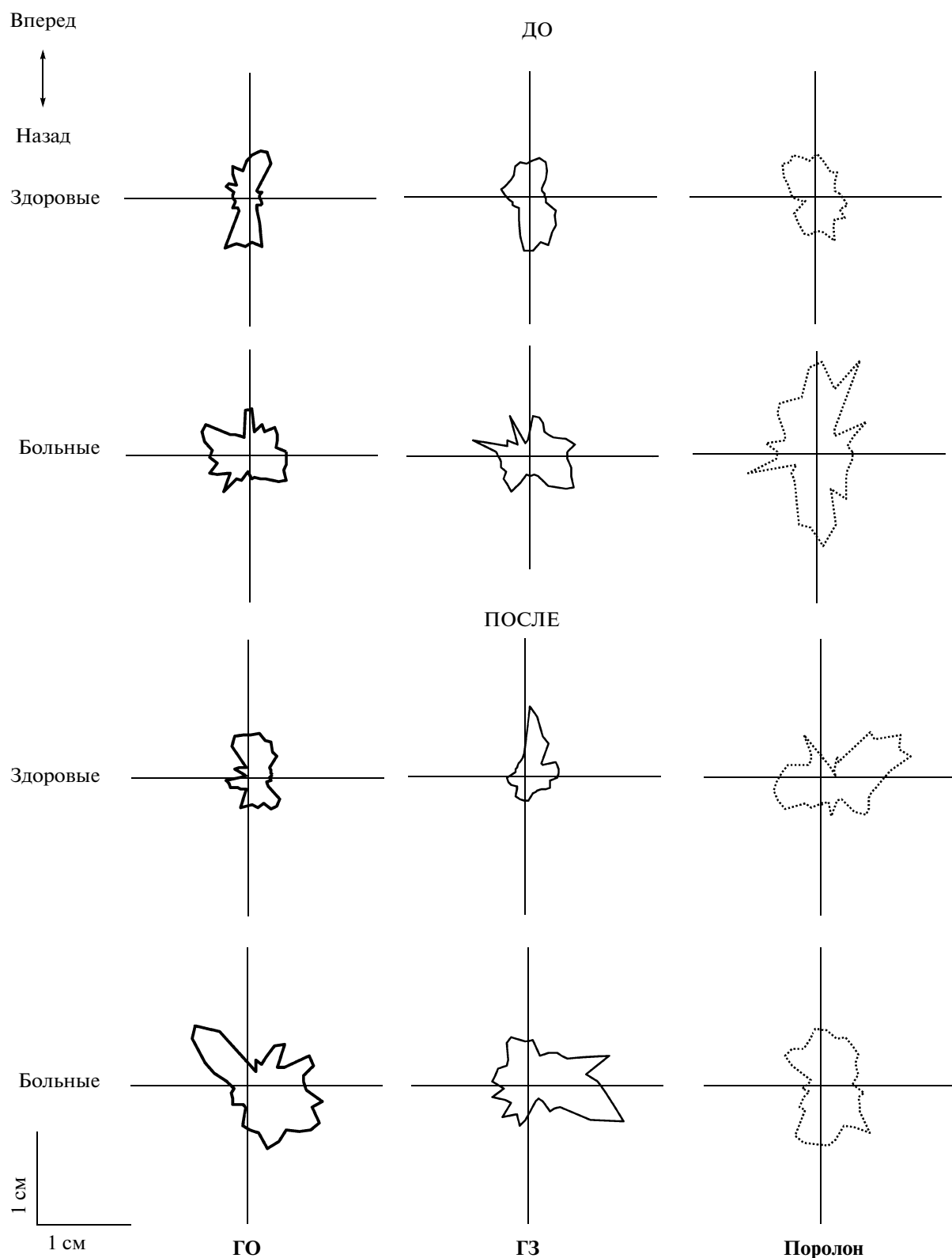


**Рис. 1.** Траектория движения ЦД за 30 с стояния здорового и больного испытуемого до (ДО) и после (ПОСЛЕ) 30-секундного непроизвольного напряжения мышц шеи. ГО – глаза открыты, ГЗ – глаза закрыты, Поролон – стойка на поролоне с открытыми глазами.

**Fig. 1.** Centre of pressure trajectory deviation during the 30 s standing of one patient and one healthy subject before and after the 30-s involuntary neck muscles contraction. ГО – eyes open, ГЗ – eyes closed, Поролон – standing on foam-rubber with eyes open

в табл. 3, индивидуальные данные представлены на рис. 1 и 2. Видно, что площадь колебаний ЦД у больных была существенно больше, чем у здоровых ( $F(1,6) = 8.43, p = 0.027$ ). Это сопровождалось у больных более сдвинутым назад к оси г/с суставов средним положением ЦД ( $F(1,6) = 10.75, p = 0.017$ ). Длина сагиттальной и фронтальной составляющих траектории ЦД у больных была также больше, чем у здоровых ( $p = 0.045$  для фронтальных и  $p = 0.001$  для сагиттальных, t-тест, табл. 3).

*Глаза закрыты.* Из 7 больных один не мог стоять с закрытыми глазами. У здоровых испытуемых закрытие глаз приводило к некоторому смещению ЦД вперед и увеличению площади колебаний ЦД (табл. 2, рис. 1). Следует отметить, что коэффициент относительного усиления колебаний при закрытии глаз (ГЗ/ГО) у здоровых имел тенденцию быть больше, чем у больных ( $p = 0.055$ , t-тест; табл. 1). Анализ индивидуальных данных показал, что если в группе здоровых испытуемых закрыва-



**Рис. 2.** Реконструированная фигура площади колебаний ЦД за 30 с стояния здорового и больного испытуемого (другие испытуемые, чем на рис. 1) до (ДО) и после (ПОСЛЕ) 30-секундного напряжения мышц шеи. Остальные обозначения как на рис. 1.

**Fig. 2.** Graph presentation of CFP sway area during the 30 s standing of one patient and one healthy subject (other subjects than on Fig. 1) before and after the involuntary neck muscle contraction. ГО – eyes open, ГЗ – eyes closed, Поролон – standing on foam-rubber with eyes open.

**Таблица 3.** Нормированная длина сагиттальной (Саг) и фронтальной (Фронт) составляющей кривой ЦД до и после коррекционного воздействия (среднее  $\pm$  стандартное отклонение, дм/мин)

**Table 3.** Normalized length of sagittal and frontal displacement of centre of foot pressure (CFP) in 2 groups of subjects before and after correction (mean  $\pm$  standard deviation, dm/min)

Условия	Параметр устойчивости	Здоровые		Больные	
		ДО	ПОСЛЕ	ДО	ПОСЛЕ
ГО	Саг	2.7 $\pm$ 0.8	2.8 $\pm$ 0.7	5.2 $\pm$ 1.3 <sup>#</sup>	5.2 $\pm$ 0.9
	Фронт	2.3 $\pm$ 1.0	2.5 $\pm$ 0.8	3.7 $\pm$ 1.3 <sup>#</sup>	3.9 $\pm$ 1.8
	Саг/Фронт	1.2 $\pm$ 0.2	1.1 $\pm$ 0.2	1.5 $\pm$ 0.3	1.5 $\pm$ 0.5
ГЗ	Саг	3.6 $\pm$ 1.5	3.2 $\pm$ 1.1	5.9 $\pm$ 1.6 <sup>#</sup>	5.9 $\pm$ 2.1
	Фронт	2.8 $\pm$ 1.9	2.5 $\pm$ 1.1	3.9 $\pm$ 1.9	4.4 $\pm$ 2.0
	Саг/Фронт	1.3 $\pm$ 0.3	1.4 $\pm$ 0.3	1.7 $\pm$ 0.6	1.4 $\pm$ 0.4*
Поролон	Саг	4.1 $\pm$ 1.5	3.7 $\pm$ 1.6	7.3 $\pm$ 2.2 <sup>#</sup>	6.7 $\pm$ 1.7
	Фронт	4.0 $\pm$ 2.0	3.7 $\pm$ 1.9*	5.2 $\pm$ 1.6	4.8 $\pm$ 1.7
	Саг/Фронт	1.1 $\pm$ 0.3	1.1 $\pm$ 0.4	1.5 $\pm$ 0.3	1.5 $\pm$ 0.4

*Примечание.* \* –  $p < 0.05$  по сравнению с ДО, # –  $p < 0.05$  по сравнению со здоровыми.

ние глаз всегда приводило к увеличению площади колебаний ( $p = 0.023$ , t-тест), то у больных оно приводило к увеличению площади колебаний лишь у двоих, уменьшению – у троих и не изменило этого показателя у одного испытуемого. Длина сагиттальной составляющей ЦД у больных осталась больше, чем у здоровых, а длины фронтальной составляющей траектории ЦД у больных и здоровых стали близки друг другу, так что коэффициент соотношения Саг/Фронт у больных увеличился (табл. 3). Анализ индивидуальных данных показал, что закрывание глаз у 4 из 6 больных даже улучшило их фронтальную устойчивость.

*Стойка на поролоне.* Из 7 больных 2 не могли стоять на поролоне. Как у здоровых, так и у больных испытуемых стояние на мягкой опоре вызывало дальнейшее смещение ЦД вперед от оси г/с суставов, не достигшее степени значимости в силу большой вариативности (рис. 1, табл. 2), и увеличение площади колебаний ЦД у здоровых ( $p < 0.01$ , t-тест), которая оставалась, однако, существенно меньше, чем у больных в стойке на поролоне ( $F(1,4) = 20.08$ ,  $p = 0.011$ , табл. 2). Фронтальные колебания траектории ЦД здоровых усилились несколько больше сагиттальных (75 против 55%), у больных фронтальные и сагиттальные колебания ЦД усилились одинаково (53 и 46% соответственно) и, таким образом, на поролоне колебания в обоих направлениях у здоровых стали одинаковыми, а

у больных сагиттальные остались больше фронтальных (рис. 1 и 2, табл. 3).

**Вертикальная стойка здоровых и больных после коррекционного воздействия**

*Глаза открыты.* В результате коррекционного воздействия ЦД здоровых испытуемых в среднем сдвинулся назад к г/с суставам (табл. 2) вместе с пропорциональным уменьшением площади колебаний (коэффициент корреляции  $r = 0.84$ ). У больных же в результате коррекционного воздействия ЦД, наоборот, выдвинулся вперед от оси г/с суставов, а площадь колебаний уменьшилась, будучи, однако, слабее связана со смещением ЦД ( $r = 0.57$ ) и оставаясь существенно больше, чем у здоровых ( $F(1,6) = 12.23$ ,  $p = 0.013$ ). Сагиттальные и фронтальные колебания траектории ЦД изменились по-разному в зависимости от испытуемого.

*Глаза закрыты.* После коррекционного воздействия ЦД здоровых еще сильнее сдвинулся назад к оси г/с суставов ( $F(1,5) = 22.57$ ,  $p = 0.005$ ), и это сопровождалось у 6 из 7 испытуемых уменьшением площади колебаний ЦД, коррелирующим со смещением ЦД назад ( $r = 0.65$ ), а также уменьшением длины сагиттальных и фронтальных колебаний траектории ЦД. Относительный прирост колебаний при закрывании глаз у здоровых испытуемых после коррекционного воздействия уменьшился. Среднее положение ЦД у больных в положении ГЗ после коррекционного воздействия не изменилось, а площадь

колебаний увеличилась у 3 испытуемых, в целом по группе оставаясь существенно больше, чем у здоровых ( $F(1,5) = 15.9, p = 0.010$ ). Фронтальные колебания траектории ЦД больных усилились, так что в результате коррекционного воздействия коэффициент Саг/Фронт снизился. Относительный прирост колебаний при закрывании глаз в обеих группах не изменился.

*Стойка на поролоне.* После коррекционного воздействия среднее положение ЦД и площадь колебаний у здоровых испытуемых существенно не изменились, однако сагиттальная и фронтальная составляющие траектории ЦД уменьшились (табл. 3). У больных в результате коррекционного воздействия среднее положение ЦД на поролоне сдвинулось вперед и стало соразмерным с положением ЦД у здоровых, площадь же колебаний ЦД существенно снизилась ( $F(1,4) = 8.91, p = 0.04$ , табл. 2), оставаясь, однако, больше, чем у здоровых.

## ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Естественная стойка здоровых испытуемых в условии ГО характеризовалась тем, что расстояние от проекции ЦД до оси г/с суставов составляло  $6.3 \pm 2.0$  см, что соответствует данным [13] —  $5.6 \pm 1.6$  см для молодых испытуемых. Закрывание глаз и стояние на поролоне приводили к некоторому смещению ЦД вперед, при этом площадь колебаний увеличивалась. У больных в естественной стойке ЦД находился ближе к оси г/с суставов, чем у здоровых, аналогично тому, как было показано для больных паркинсонизмом в работе [13]. Как и в работе [13], такая исходная стойка больных характеризовалась большей, чем у здоровых, площадью колебаний в условии ГО и на поролоне. Поскольку закрывание глаз незначительно изменило площадь колебаний у больных, то различий в этом условии между группами не оказалось. Можно предполагать, что внутреннее представление об окружающем пространстве у больных данной группы меньше, чем у здоровых, привязано к зрению, подобно тому, как это было показано для детей по сравнению с пожилыми испытуемыми, больше полагавшимися на зрение при поддержании вертикальной стойки [9]. Косвенным доказательством большей зависимости управления позой у этих больных от проприоцептивной афферентации является и тот факт, что только 5 из 7 больных могли стоять на поролоне.

Поскольку информация от рецепторов мышц шеи перерабатывается в ЦНС совместно с информацией от вестибулярных рецепторов и, таким образом, играет ведущую роль в статических позно-тонических и выпрямительных рефлексах, обеспечивающих поддержание позы и равновесие тела при стоянии, мы предполагаем, что мышечные постэффекты в результате кратковременного изменения тонуса мышц шеи, вызванного коррекционным воздействием, улучшает управление вертикальной стойкой. Ведущая роль проприоцепции шеи в стабилизации вертикальной стойки в настоящей работе характеризовалась тем, что наиболее существенные изменения у здоровых обследованных были получены в позе ГЗ. Шейно-тонические влияния относятся к безусловным рефлексам, замыкающимся на уровне ствола мозга. В связи с этим коррекционное воздействие, изменяя тонус шейных мышц, может рассматриваться, как эффективное средство реабилитации при нарушении сенсомоторной интеграции. Известно, что реабилитация больных с нарушением сенсомоторной интеграции различной этиологии ведется в направлении приобретения необходимого сенсорного опыта, помощи в “изучении” окружающей среды, схемы тела, понимания, как двигаться в пространстве. Механизмы возникновения мышечных постэффектов на сегодня не вполне ясны, однако есть предположение, что их происхождение связано как с продолжительным возбуждением центральных структур, так и с повышенным афферентным притоком [10]. В связи с этим вопросы длительности влияния коррекционного воздействия на стойку, а также перспективы долгосрочного терапевтического эффекта мышечных постэффектов требуют дальнейшего исследования.

Коррекционное воздействие оказывало влияние на вертикальную позу как здоровых, так и больных испытуемых. Эти изменения достигли уровня значимости для здоровых испытуемых в положении ГЗ: ЦД стал ближе к оси г/с суставов, и, таким образом, можно предположить, что поза здоровых испытуемых стала более выпрямленной. Кроме того, после коррекционного воздействия у здоровых испытуемых уменьшились фронтальные колебания ЦД на поролоне. Больные испытуемые обнаружили другую реакцию: после коррекционного воздействия они выбрали “более удобную” позу — слегка наклонную вперед — и колебались в ней в условии ГО и



ГЗ, особенно во фронтальном направлении, больше, чем до воздействия. Эти изменения достигли степени значимости в условии ГЗ, так что коэффициент отношения сагиттальных к фронтальным колебаниям ЦД значимо уменьшился. Интересно, что на поролоне, когда контроль по проприоцептивному входу оказался неэффективным, площадь колебаний ЦД больных после коррекционного воздействия снизилась, а у здоровых испытуемых не изменилась (табл. 2).

Следует сказать, что в рамках настоящей работы было невозможно оценить степень концентрации внимания больных на задании, привыкания их к условиям опыта в течение обследования, и, кроме того, выборка испытуемых была немногочисленной. Кроме того, по стабилографическому обследованию невозможно сделать выводы об относительной конфигурации звеньев тела при поддержании вертикальной стойки. В дальнейших экспериментах регистрация кинематики движения звеньев тела позволит выяснить, например, причину смещения ЦД вперед у больных после коррекционного воздействия. С одной стороны, это могло происходить вследствие наклона вперед всего корпуса или только его верхней части. С другой стороны смещение корпуса вперед могло произойти потому, что ригидность мышц ног вместе с х-образным положением ног приводили к чрезмерной механической жесткости кинематической цепи ноги-стопы в начале эксперимента. Возможно, что после коррекционного воздействия тонус мышц ног снижался, вызывая большую подвижность ног в коленях (вперед — назад), голеностопе и тазобедренном суставе, что приводило к усилению фронтальных колебаний на твердом полу у больных после коррекционного воздействия. Подобное уменьшение фронтальных колебаний ЦД было показано при фиксации суставов здоровых испытуемых в работе [8].

В целом напряжение мышц шеи в результате распрямления позвоночника привело к существенным изменениям вертикальной стойки как у больных, так и у здоровых испытуемых. Это свидетельствует о том, что кратковременное “вытягивание” спины имеет выраженный постэффект, который проявляется по меньшей мере в течение 10–15 мин после коррекционного воздействия. Вопрос о накоплении тренировочного эффекта при долговременных воздействиях на тонус аксиальной мускулатуры остается предметом дальнейших исследований.

## ВЫВОДЫ

1. Получена объективная оценка эффективности коррекционного воздействия в виде 30-секундного произвольного напряжения мышц шеи на параметры вертикальной стойки больных с нарушениями сенсомоторной интеграции и здоровых испытуемых.

2. Исходная стойка больных до коррекционного воздействия характеризовалась сдвинутым средним положением центра давления к оси голеностопных суставов по сравнению со здоровыми испытуемыми. Возможно, это было одной из причин увеличенной площади колебаний в группе больных по сравнению со здоровыми. Однако при закрывании глаз и при стоянии на поролоне у больных отмечалось небольшое смещение центра давления вперед по сравнению с контрольной стойкой, указывая таким образом на правильную оценку зрительного и проприоцептивного усложнения стояния. Кроме того, преобладание передне-задних колебаний над боковыми у больных указывает на правильную оценку большего запаса устойчивости вдоль по стопе.

3. Коррекционное воздействие оказало влияние на вертикальную стойку здоровых обследованных в большей степени при стоянии с закрытыми глазами: центр давления существенно сместился назад к оси голеностопных суставов, а площадь колебаний уменьшилась пропорционально этому смещению. Относительный прирост колебаний при закрывании глаз у здоровых после коррекционного воздействия уменьшился, а на поролоне коррекционное воздействие выразилось в снижении передне-задних и боковых колебаний. Коррекционное воздействие у больных сделало их позу при стоянии с открытыми и закрытыми глазами более удобной: центр давления сместился вперед от оси голеностопных суставов. Заняв эту позицию, больные находились в ней, колеблясь больше, чем до коррекционного воздействия, особенно во фронтальном направлении, что наиболее ярко проявилось в стойке с закрытыми глазами.

4. Результаты позволяют заключить, что стойка больных с нарушениями сенсомоторной интеграции наиболее чувствительна к изменениям проприоцептивной афферентации (стояние на поролоне), а коррекционное воздействие на тонус мышц шеи позволяет приблизить стабилографические показатели их стойки к уровню возрастной нормы.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (гранты № 09-04-00564; 08-04-01200).

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Айрес Д.Э. Ребенок и сенсорная интеграция. Понимание скрытых проблем развития. М.: Тервинф, 2009. 268 с.
2. Бернштейн Н.А. Физиология движений и активность. М.: Наука, 1990. 495 с.
3. Магнус Р. Установка тела. М.: Изд-во АН СССР, 1962. 624 с.
4. Максимова Е.В. Уровни общения. Причины возникновения раннего детского аутизма и его коррекция на основе теории Н. А. Бернштейна. М.: Диалог-МИФИ, 2008. 287с.
5. Гурфинкель В.С., Левик Ю.С., Лебедев М.А. Позные автоматизмы, выявляемые усилением тонического фона. Докл. АН СССР. 1989. 305(5): 1266–1270.
6. Craske B., Craske J.D. Oscillator mechanisms in the human motor system: investigating their properties using the after-contraction effect. J. Mot. Behav. 1986. 18(2): 117–145.
7. Duclos C., Roll R., Kavounoudias A., Mongeau J.-P., Roll J.-P., Forget R. Postural changes after sustained neck muscle contraction in persons with a lower leg amputation. J. Electromyogr. Kinesiol. 2009. 19(4): 214–222.
8. De Freitas P.B., Freitas S.M., Duarte M., Latash M.L., Zatsiorsky V.M. Effects of joint immobilization on standing balance. Hum. Mov. Sci. 2009. 28(4): 512–528.
9. Hytonen M., Pyykkö I., Aalto H., Starck J. Postural control and age. Acta Otolaryngol. 1993. 113(2): 119–122.
10. Ivanenko Y.P., Wright W.G., Gurfinkel V.S., Horak F., Cordo P. Interaction of involuntary post-contraction activity with locomotor movements. Exp. Brain Res. 2006. 169: 255–260.
11. Miller L.J., Nielsen D.M., Schoen S.A., Brett-Green B.A. Perspectives on sensory processing disorder: a call for translational research. Frontiers Integrat. Neurosci. 2009.3 (22): 1–12.
12. Molloy C.A., Dietrich K.N., Bhattacharya A. Postural stability in children with autism spectrum disorder. J. Autism Dev. Disord. 2003. 33 (6): 643–652.
13. Schieppati M., Hugon M., Grasso M., Nardone A., Galante M. The limits of equilibrium in young and elderly normal subjects and in parkinsonians. EEGa. Clin. Neurophysiol. 1994. 93: 286–298.