



<https://doi.org/10.34883/PI.2022.12.1.042>
УДК 612.8/616-009.1



Можейко М.П.✉, Лихачев С.А., Марьенко И.П.

Республиканский научно-практический центр неврологии и нейрохирургии,
Минск, Беларусь

Особенности воздействия оптокинетической стимуляции на поддержание функции равновесия у пациентов с вестибулярной дисфункцией различного генеза

Конфликт интересов: не заявлен.

Вклад авторов: Можейко М.П. – концепция, статистическая обработка результатов, обзор литературы, оформление; Лихачев С.А. – редактирование; Марьенко И.П. – концепция, редактирование.

Подана: 14.02.2022

Принята: 21.03.2022

Контакты: maria.rehabilitation@gmail.com

Резюме

Цель. Оценить особенности влияния оптокинетической стимуляции на функцию равновесия у пациентов с вестибулярной дисфункцией в стадии субкомпенсации.

Материалы и методы. Было обследовано 50 пациентов, из них 25 пациентов с центральным вестибулярным синдромом (ЦВС) при рассеянном склерозе (РС) ($34 \pm 5,6$ года), 25 пациентов ($39 \pm 4,8$ года) с периферическим вестибулярным синдромом (ПВС) при вестибулярном нейроните, доброкачественном позиционном пароксизмальном головокружении (ДППГ), болезни Меньера с жалобами на нарушение функции равновесия (ФР) и шаткость при ходьбе. Контрольная группа включала 25 здоровых испытуемых (31 ± 6 лет). Всем обследованным для оценки ФР проводилось стабилметрическое исследование в стадии субкомпенсации. В исследовании использовался компьютерный стабилоанализатор «Стабилан-01-2» с БОС (производства ОАО «Ритм», Россия). Проводились тест Ромберга и тест «Оптокинетическая стимуляция» (ОКС).

Результаты. Установлено достоверное изменение показателей КФР в тесте Ромберга со зрительным контролем у пациентов с ЦВС $75,4$ [$62,6$; $83,08$]% и ПВС $88,3$ [$84,03$; $92,4$]% по сравнению со здоровыми испытуемыми – $93,5$ [$89,4$; $96,1$]. В группе испытуемых с ПВС при ОКС вниз достоверно увеличился показатель ССП ЦД до $8,3$ [$6,9$; $11,7$] мм/с ($T=35$, $Z=1,964$, $p<0,05$), который прямо влияет на снижение показателя КФР до 75 [65 ; 83]% ($T=63$, $Z=2,7$, $p<0,05$) и демонстрирует напряжение некоторых звеньев статокинетической устойчивости (СКУ) для сохранения ФР. В группе испытуемых с ЦВС в стадии субкомпенсации установлено достоверное изменение всех показателей статокинезиограммы при ОКС во всех плоскостях, что ухудшает ФР до умеренной степени и указывает на зрительную стратегию замещения в сохранении ФР.

Заключение. Результаты позволили выявить ведущие стратегии поддержания ФР у пациентов с ВД и на этой основе целесообразность использования методов медицинской реабилитации. Установлена зрительная стратегия замещения в поддержании

ФР в группе с ЦВС, что подтверждено достоверными изменениями показателей статокинезиограммы при воздействии ОКС и указывает на значимость применения в медицинской реабилитации подходов для стимуляции проприоцептивной афферентации. В группе с ПВС не установлено зрительной зависимости, отмечена тенденция к изменению показателей статокинезиограммы, что отражает напряжение процессов, направленных на сохранение ФР и говорит о ведущей роли проприоцептивной стратегии в сохранении равновесия.

Ключевые слова: вестибулярная дисфункция, стабилметрия, нарушение равновесия, медицинская реабилитация, сенсорные системы

Mozheiko M.✉, Likhachev S., Maryenko I.

Republican Research and Clinical Center of Neurology and Neurosurgery, Minsk, Belarus

Characteristics of the Effect of Optokinetic Stimulation on Maintaining the Balance Function in Patients with Vestibular Dysfunction of Various Genesis

Conflict of interest: nothing to declare.

Authors' contribution: Mozheiko M. – concept, main results, literature review, article design; Likhachev S. – editing; Maryenko I. – editing, concept.

Submitted: 14.02.2022

Accepted: 21.03.2022

Contacts: maria.rehabilitation@gmail.com

Abstract

Purpose. To evaluate the features of the effect of optokinetic stimulation on the balance function in patients with vestibular dysfunction from the subcompensation stage.

Materials and methods. 50 patients examined, including 25 patients with central vestibular syndrome (CVS) in multiple sclerosis (MS) (34 ± 5.6), 25 patients (39 ± 4.8) with peripheral vestibular syndrome (PVS) with vestibular neuritis, benign positional paroxysmal vertigo (BPPV), Meniere's disease with complaints of impaired balance function (BF) and unsteadiness in walking. The control group included 25 healthy subjects (31 ± 6). All the examined patients underwent the stabilometric research in the subcompensation stage to assess BF. The computer stabiloanalyzer "Stabilan-01-2" with BOS (manufactured by JSC "Rhythm", Russia) used. The Romberg's test and the "Optokinetic Stimulation" (OKS) test performed.

Results. There was significant change in QBF indicators in the Romberg's test with visual control, CVS 75.4 [62.6; 83.08]% and PVS 88.3 [84.03; 92.4]% compared with healthy subjects – 93.5 [89.4; 96.1]%.

In the group with PVS, in OKS downwards, the ASM PC index significantly increased to 8.3 [6.9; 11.7] mm/s ($T=35$, $Z=1.964$, $p<0.05$), which directly affects the decrease in the QBF index to 75 [65; 83]% ($T=63$, $Z=2.7$, $p<0.05$). It demonstrates the stress of the static kinetic stability (SKS) to maintain the BF in stable level. In the group with CVS at the surcompensation stage, the significant change in all indicators of the statokinesigram



in OKS in all planes found, which worsens the BF to a moderate degree in general, which indicates for visual replacement strategy in maintaining the balance.

Conclusion. The results help to identify the leading strategies for maintaining BF in patients with VD, and on this basis, the expediency of using medical rehabilitation methods. The visual replacement strategy established in maintaining BF in the group with CVS, which confirmed in significant changes in statokinesiogram indicators when exposed to OKS and indicates the importance of using approaches to stimulate proprioceptive afferentation in medical rehabilitation. In the group with PVS, no visual dependence established a tendency to change in the statokinesiogram indicators noted which reflects the tension of processes aimed at preserving BF and indicates the leading role of the proprioceptive strategy in maintaining balance.

Keywords: vestibular dysfunction, stabilometry, imbalance, medical rehabilitation, sensory systems

■ ВВЕДЕНИЕ

Распространенность вестибулярной дисфункции (ВД) составляет около 5–10% у взрослого населения, что указывает на актуальность проблемы лечения и своевременной немедикаментозной реабилитации пациентов с головокружением и нарушением функции равновесия (ФР) [1, 3]. ВД приводит к нарушению механизмов поддержания ФР и к искажению ощущения положения тела в пространстве, сложности в управлении статодинамическим состоянием в повседневной активности, формированию фобических расстройств у человека [1, 10, 11, 13].

Известно, что регуляция положения тела в пространстве обеспечивается способностью поддерживать вертикальное положение (ВП) тела (центр давления тела внутри границ площади опоры), также способностью сохранять взаимодействие между отдельными структурами тела, между телом и окружающим пространством [4, 5, 7, 15].

Управление и контроль поддержания ФР, стабилизация направления взгляда, ориентация тела в пространстве при передвижениях обеспечиваются взаимодействием между афферентными сигналами сенсорных систем различной модальности. Вестибулярная система (ВС) является частью сложной системы сенсорной интеграции и участвует в формировании субъективного ощущения движения и чувства пространственной ориентации головы, регулировании тонуса мышц глаз и туловища для поддержания равновесия, в стабилизации зрительного изображения на сетчатке во время движений головы через вестибулоглазодвигательные рефлексy. В связи с чем любой патологический процесс в одной из подсистем управления ФР приводит к искажению ощущения положения тела в экстраперсональном пространстве. Установлено, что при патологии вестибулярного аппарата компенсация в большой степени будет происходить за счет зрительной афферентации, которая указывает на ее значимую роль в определении абсолютного положения тела человека в пространстве. Компенсация движения головы и стабилизация изображения зрительного объекта на сетчатке происходит с участием оптокинетического рефлексa (ОКР), реализуемого зрительной системой при вращении видимого окружения [1–5, 8, 9, 11, 17].

При медленном движении головы зрительная система создает непрерывный сенсорный вход для рефлекса, удерживающего изображение на сетчатке.

Так как поддержание ФР осуществляется посредством установочных рефлексов, с удержанием центра тяжести тела в пределах проекции площади его опоры, изучение отдельных механизмов системы равновесия, вестибулярной системы, проприорецепции с системой ориентации в пространстве является актуальным для изучения поддержания управления всей системы СКУ человека и разработки подходов медицинской реабилитации [9, 11, 13, 17].

■ ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Оценить особенности влияния ОКС на ФР у пациентов с ВД в стадии субкомпенсации.

■ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Было обследовано 50 пациентов, из них 25 пациентов с центральным вестибулярным синдромом (ЦВС) при рассеянном склерозе (РС) ($34 \pm 5,6$ года), 25 пациентов ($39 \pm 4,8$ года) с периферическим вестибулярным синдромом (ПВС) при вестибулярном нейроните, доброкачественном позиционном пароксизмальном головокружении (ДППГ), болезни Меньера с жалобами на нарушение равновесия и шаткость при ходьбе. Контрольная группа включала 25 здоровых испытуемых (31 ± 6 лет).

Всем обследованным для оценки ФР проводилось стабилметрическое исследование в стадии субкомпенсации. В исследовании использовался компьютерный стабилоанализатор «Стабилан-01-2» с БОС (производства ОАО «Ритм», Россия). Использовался европейский тип установки стоп на платформе как наиболее физиологический.

Проводились тест Ромберга и тест «Оптокинетическая стимуляция». Оценивались следующие показатели статокинезиограммы:

- площадь эллипса (ПЭ, мм²), основная часть площади, занимаемой статокинезиограммой, характеризует рабочую поверхность площади опоры человека;
- качество функции равновесия (КФР, %), процентное отношение площади перемещения ЦД относительно осей координат;
- коэффициент резкого изменения направления движения вектора (КРИНД, %), отображает степень оптимальности энергозатрат человека в процессе удержания вертикальной позы;
- средняя скорость перемещения центра давления (ССП ЦД, мм/с), повышение говорит об активных процессах поддержания ФР;
- скорость изменения площади статокинезиограммы (СИПС, мм/с), характеризует среднеамплитудную скорость изменения площади статокинезиограммы [16].

■ РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Состояние ФР в группах при выполнении теста Ромберга представлено в табл. 1.

Установлено достоверное увеличение показателя ССП ЦД с $5,46 [4,38; 7,03]$ мм/с у здоровых испытуемых до $7,11 [5,5; 8,3]$ мм/с у пациентов с ПВС ($U=194$; $p<0,05$), также достоверное уменьшение показателя КФР у пациентов с ПВС $88,3 [84,03; 92,4]\%$ в сравнении со здоровыми $93,5 [89,4; 96,1]\%$ ($U=192$; $p<0,05$). Не отмечено

**Таблица 1****Показатели статокинезиограммы при проведении теста Ромберга у здоровых испытуемых и с ПВС, n=50****Table 1****Statokinesiogram indicators of the Romberg's test in healthy persons and PVS, n=50**

Параметры, Ме [25%; 75%]	Здоровые, n=25	ПВС, n=25	U, p
ССП ЦД, мм/с	5,46 [4,38; 7,03]*	7,11 [5,5; 8,3]	U=194; p=0,02
СИПС, мм/с	4,0 [2,9; 6,7]	6,0 [4,7; 7,5]	U=212,5; p=0,05
ПЭ, мм ²	48,2 [34,4; 78,6]	67,3 [59; 136,4]	U=224; p=0,08
КФР, %	93,5 [89,4; 96,1]*	88,3 [84,03; 92,4]	U=192; p=0,019
КРИНД, %	12,1 [7,4; 14,9]	10,04 [7,5; 13,7]	U=258,5; p=0,29

Примечание: * значимые различия при $p < 0,05$ (по критерию Манна – Уитни).

достоверных изменений показателя ПЭ 48,2 [34,4; 78,6] мм² у здоровых испытуемых по сравнению с пациентами с ПВС 67,3 [59; 136,4] мм² (U=224; $p > 0,05$), также в показателе КРИНД у здоровых испытуемых 12,1 [7,4; 14,9]% по сравнению с пациентами с ПВС 10,04 [7,5; 13,7]% (U=258,5; $p > 0,05$). Отмечена тенденция к достоверному увеличению показателя СИПС у пациентов с ПВС 6,0 [4,7; 7,5] мм/с по сравнению со здоровыми испытуемыми 4,0 [2,9; 6,7] мм/с (U=212,5; $p = 0,05$).

Далее оценивали состояние ФР в группе с ЦВС, результаты представлены в табл. 2.

Установлено достоверное увеличение показателя СИПС до 10,9 [8,7; 14,2] мм/с у пациентов с ПВС в сравнении со здоровыми 4,0 [2,9; 6,7] мм/с (U=74; $p < 0,05$); достоверное увеличение показателя ПЭ с 48,2 [34,4; 78,6] мм² у здоровых испытуемых в сравнении с пациентами с ЦВС – 18,1 [9,0; 27,1] мм² (U=109; $p < 0,05$). Достоверно снижен показатель КФР у испытуемых с ЦВС – 75,4 [62,6; 83,08]% по сравнению со здоровыми – 93,5 [89,4; 96,1]% (U=71; $p < 0,05$). Не отмечено достоверных изменений в показателе ССП ЦД у испытуемых с ЦВС 4,8 [3,6; 6,0] мм/с по сравнению со здоровыми – 5,46 [4,38; 7,03] мм/с (U=254; $p > 0,05$); показателе КРИНД 12,1 [7,4; 14,9]% у здоровых испытуемых в сравнении с пациентами с ЦВС – 8,8 [6,7; 16,4]% (U=294; $p > 0,05$).

Таким образом, полученные результаты демонстрируют более значимое влияние зрительной афферентации на поддержание ФР у пациентов в стадии субкомпенсации с ЦВС по сравнению с лицами с ПВС и здоровыми испытуемыми.

Таблица 2**Показатели статокинезиограммы при проведении теста Ромберга у здоровых испытуемых и с ЦВС, n=50****Table 2****Statokinesiogram indicators of the Romberg's test in healthy persons and with CVS, n=50**

Параметры, Ме [25%; 75%]	Здоровые, n=25	ЦВС, n=25	U, p
ССП ЦД, мм/с	5,46 [4,38; 7,03]	4,8 [3,6; 6,0]	U=254; p=0,26
СИПС, мм/с	4,0 [2,9; 6,7]*	10,9 [8,7; 14,2]	U=74; p=0,000004
ПЭ, мм ²	48,2 [34,4; 78,6]*	18,1 [9,0; 27,1]	U=109; p=0,000082
КФР, %	93,5 [89,4; 96,1]*	75,4 [62,6; 83,08]	U=71; p=0,000003
КРИНД, %	12,1 [7,4; 14,9]	8,8 [6,7; 16,4]	U=294; p=0,726

Примечание: * значимые различия при $p < 0,05$ (по критерию Манна – Уитни).

Таблица 3
Показатели статокинезиограммы в группе с ПВС под воздействием ОКС, n=25
Table 3
Statokinesigram indicators in group with PVS under the influence of OKS, n=25

Функциональный тест	Параметры, Ме [25%; 75%]			
	ССП ЦД, мм/с	СИПС, мм/с	ПЭ, мм ²	КФР, %
Тест Ромберга	7,11 [5,5; 8,3]	6,0 [4,7; 7,5]	67,3 [59; 136,4]	88,3 [84,03; 92,4]
ОКС вверх	7,7 [5,8; 9,3]	6,3 [3,5; 12,5]	63,7 [34; 152,9]	85 [65; 88,6]*
T, Z, p (тест Ромберга и ОКС вверх)	T=55,0 Z=1,017 p=0,308	T=61,0 Z=0,733 p=0,463	T=70,0 Z=0,307 p=0,758	T=340 Z=2,45 p=0,036
ОКС вниз	8,3 [6,9; 11,7]*	9,4 [5,9; 14,9]	100 [65,2; 161,5]	75 [65; 83]*
T, Z, p (тест Ромберга и ОКС вниз)	T=35 Z=1,964 p=0,049	T=46 Z=1,443 p=0,148	T=43 Z=1,585 p=0,112	T=63 Z=2,7 p=0,00001
ОКС вправо	7,82 [7,4; 10,2]	8,4 [5,2; 17,9]	96,1 [49,6; 179,5]	86 [70; 87]*
T, Z, p (Ромберга Г.О. и ОКС вправо)	T=47 Z=1,396 p=0,162	T=45 Z=1,491 p=0,135	T=58 Z=0,875 p=0,381	T=80 Z=2,08 p=0,029
ОКС влево	9,2 [7,7; 11,8]*	8,0 [5,0; 24,2]	96,6 [42,3; 327]	72 [70; 80]*
T, Z, p (тест Ромберга и ОКС влево)	T=34 Z=2,011 p=0,044	T=46 Z=1,443 p=0,148	T=48 Z=1,349 p=0,177	T=45 Z=1,291 p=0,0355

Примечание: * значимые различия при p<0,05 (по критерию Уилкоксона).

Таблица 4
Показатели статокинезиограммы при проведении теста с ОКС в группе с ЦВС, n=25
Table 4
Statokinesigram indicators in group with CVS under the influence of OKS, n=25

Функциональный тест	Параметры, Ме [25%; 75%]			
	ССП ЦД, мм/с	СИПС, мм/с	ПЭ, мм ²	КФР, %
Тест Ромберга	4,8 [3,6; 6,0]	10,9 [8,7; 14,2]	18,1 [9,0; 27,1]	75,4 [62,6; 83,08]
ОКС вверх	14,5 [9,3; 28,7]*	23,7 [9,8; 57,4]*	237,1 [94,7; 514,2]*	64,8 [60,5; 78,2]*
T, Z, p (тест Ромберга и ОКС вверх)	T=10 Z=4,197 p=0,000027	T=38 Z=3,041 p=0,002354	T=2,0 Z=4,136 p=0,000035	T=44 Z=2,152 p=0,018
ОКС вниз	16,4 [12,4; 24,2]*	38,2 [22,5; 63,2]*	340,5 [244,7; 597,9]*	61,9 [60; 75,8]*
T, Z, p (тест Ромберга и ОКС вниз)	T=10 Z=4,197 p=0,000027	T=12 Z=3,832 p=0,000127	T=7 Z=4,197 p=0,000027	T=2,0 Z=4,041 p=0,000053
ОКС вправо	17,6 [12,2; 28,8]*	45,4 [16,8; 77,8]*	401,8 [192,9; 782,9]*	59 [58; 72]*
T, Z, p (Ромберга Г.О. и ОКС вправо)	T=8 Z=4,197 p=0,000027	T=11 Z=3,862 p=0,000112	T=10 Z=4,197 p=0,000027	T=1,0 Z=3,574 p=0,000352
ОКС влево	15,9 [10,9; 30,7]*	29,8 [20,3; 84,9]*	326,5 [215,2; 758,8]*	65 [63; 80]*
T, Z, p (тест Ромберга и ОКС влево)	T=10 Z=4,106 p=0,000040	T=14 Z=3,652 p=0,000260	T=8 Z=4,106 p=0,000040	T=2,0 Z=3,041 p=0,000053

Примечание: * значимые различия при p<0,05 (по критерию Уилкоксона).



Далее исследовали изменения состояния ФР под воздействием ОКС (табл. 3, 4).

При проведении теста с ОКС вниз достоверно увеличился показатель ССП ЦД до 8,3 [6,9; 11,7] мм/с ($T=35$, $Z=1,964$, $p<0,05$), установлено достоверное снижение показателя КФР до 75 [65; 83]% ($T=63$, $Z=2,7$, $p<0,05$). При ОКС вверх отмечено изменение показателя ССП ЦД до 7,7 [5,8; 9,3] мм/с, увеличение СИПС до 6,3 [3,5; 12,5] мм/с, уменьшение показателя ПЭ до 63,7 [34; 152,9] мм², снижение КФР до 85 [65; 88,6]%. Установлено при ОКС вправо увеличение показателя ССП ЦД до 7,82 [7,4; 10,2] мм/с, увеличение показателя СИПС до 8,4 [5,2; 17,9] мм/с, отмечено увеличение ПЭ до 96,1 [49,6; 179,5] мм², показатель КФР достиг 86 [70; 87]%. При ОКС влево достоверно увеличился показатель ССП ЦД до 9,2 [7,7; 11,8] мм/с ($T=34$, $Z=2,011$, $p<0,05$), снизился показатель КФР до 72 [70; 80]% ($T=45$, $Z=1,291$, $p<0,05$).

При проведении ОКС вверх достоверно изменился показатель ССП ЦД до 14,5 [9,3; 28,7] мм/с ($T=10$, $Z=4,197$, $p<0,05$); достоверно увеличилась СИПС до 23,7 [9,8; 57,4] мм/с ($T=38$, $Z=3,041$, $p<0,05$); показатель ПЭ достоверно увеличился до 237,1 [94,7; 514,2] мм² ($T=2,0$, $Z=4,136$, $p<0,05$), что привело к уменьшению интегрального показателя КФР до 64,8 [60,5; 78,2]% ($T=44$, $Z=2,152$, $p<0,05$). При ОКС вниз достоверно увеличился показатель ССП ЦД до 16,4 [12,4; 24,2] мм/с ($T=10$, $Z=4,197$, $p<0,05$); отмечено достоверное увеличение показателя СИПС до 38,2 [22,5; 63,2] мм/с ($T=12$, $Z=3,832$, $p<0,05$); также достоверное увеличение показателя ПЭ до 340,5 [244,7; 597,9] мм² ($T=7$, $Z=4,197$, $p<0,05$); показатель КФР достоверно снизился до 61,9 [60; 75,8]% ($T=2,0$, $Z=4,041$, $p<0,05$). ОКС вправо привела к достоверному увеличению показателей ССП ЦД 17,6 [12,2; 28,8] мм/с ($T=8$, $Z=4,197$, $p<0,05$) и СИПС до 45,4 [16,8; 77,8] мм/с ($T=8$, $Z=4,197$, $p<0,05$); показатель ПЭ достоверно увеличился до 401,8 [192,9; 782,9] мм² ($T=10$, $Z=4,197$, $p<0,05$) со снижением КФР до 59 [58; 72]% ($T=1,0$, $Z=3,574$, $p<0,05$). При ОКС влево установлено достоверное увеличение показателя ССП ЦД до 15,9 [10,9; 30,7] мм/с ($T=10$, $Z=4,106$, $p=0,05$), а также показателя СИПС до 29,8 [20,3; 84,9] мм/с ($T=14$, $Z=3,652$, $p<0,05$); достоверно увеличился показатель ПЭ до 326,5 [215,2; 758,8] мм² ($T=1,0$, $Z=3,574$, $p<0,05$) с уменьшением показателя КФР до 65 [63; 80]% ($T=2,0$, $Z=3,041$, $p<0,05$).

Далее сравнивали влияние ОКС на сохранение ФР у пациентов с ЦВС и ПВС, результаты представлены в табл. 5.

При сравнении влияния ОКС вверх на поддержание ФР установлено достоверное увеличение показателя ССП ЦД в группе с ЦВС 14,5 [9,3; 28,7] мм/с по сравнению с ПВС 7,7 [5,8; 9,3] мм/с ($U=57$, $Z=-3,775$, $p<0,05$); достоверное увеличение показателя СИПС в группе с ЦВС 23,7 [9,8; 57,4] мм/с в сравнении с ПВС 6,3 [3,5; 12,5] мм/с ($U=58,5$, $Z=-3,734$, $p<0,05$). Достоверно увеличился показатель ПЭ в группе с ЦВС 237,1 [94,7; 514,2] мм² по сравнению с ПВС 63,7 [34; 152,9] мм² ($U=86$, $Z=-2,982$, $p<0,05$), что также привело к достоверному более значимому ухудшению показателя КФР в группе с ЦВС 64,8 [60,5; 78,2]% в сравнении с ПВС 85 [65; 88,6]% ($U=52$, $Z=-2,701$, $p<0,05$).

При ОКС вниз отмечены статистически значимые изменения ССП ЦД в группе с ЦВС 16,4 [12,4; 24,2] мм/с по сравнению с ПВС – 8,3 [6,9; 11,7] мм/с ($U=55$, $Z=-3,830$, $p<0,05$); достоверно увеличился показатель СИПС в группе с ЦВС 38,2 [22,5; 63,2] мм/с в сравнении с ПВС 9,4 [5,9; 14,9] мм/с ($U=59$, $Z=-3,720$, $p<0,05$); показатель ПЭ достоверно выше в группе с ЦВС 340,5 [244,7; 597,9] мм², чем с ПВС – 100 [65,2; 161,5] мм² ($U=74$, $Z=-3,310$, $p<0,05$), что привело к значимому ухудшению показателя КФР в группе ЦВС до 61,9 [60; 75,8]% по сравнению с ПВС 75 [65; 83]% ($U=50$, $Z=-2,976$, $p<0,05$).

Таблица 5

Показатели статокинезиограммы при проведении теста с ОКС в группах с ПВС и ЦВС, n=50

Table 5

Statokinesiogram indicators during the OKS in subgroups with PVS and CVS, n=50

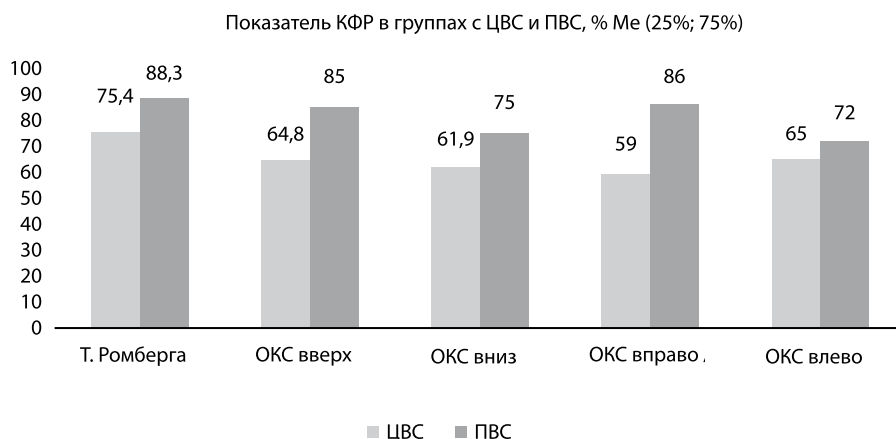
Функциональный тест	Параметры, Ме [25%; 75%]			
	ССП ЦД, мм/с	СИПС, мм/с	ПЭ, мм ²	КФР, %
ОКС вверх				
ПВС	7,7 [5,8; 9,3]	6,3 [3,5; 12,5]	63,7 [34; 152,9]	85 [65; 88,6]
ЦВС	14,5 [9,3; 28,7]*	23,7 [9,8; 57,4]*	237,1 [94,7; 514,2]*	64,8 [60,5; 78,2]*
T, Z, p (ОКС вверх)	U=57 Z=-3,775 p=0,000160	U=58,5 Z=-3,734 p=0,000188	U=86 Z=-2,982 p=0,002862	U=52 Z=-2,701 p=0,002201
ОКС вниз				
ПВС	8,3 [6,9; 11,7]	9,4 [5,9; 14,9]	100 [65,2; 161,5]	75 [65; 83]
ЦВС	16,4 [12,4; 24,2]*	38,2 [22,5; 63,2]*	340,5 [244,7; 597,9]*	61,9 [60; 75,8]*
T, Z, p (ОКС вниз)	U=55 Z=-3,830 p=0,000128	U=59 Z=-3,720 p=0,000199	U=74 Z=-3,310 p=0,000931	U=50 Z=-2,976 p=0,007029
ОКС вправо				
ПВС	7,82 [7,4; 10,2]	8,4 [5,2; 17,9]	96,1 [49,6; 179,5]	86 [70; 87]
ЦВС	17,6 [12,2; 28,8]*	45,4 [16,8; 77,8]*	401,8 [192,9; 782,9]*	59 [58; 72]*
T, Z, p (ОКС вправо)	U=57 Z=-3,775 p=0,000160	U=73,5 Z=-3,324 p=0,000887	U=83 Z=-3,064 p=0,002182	U=62 Z=-3,103 p=0,001613
ОКС влево				
ПВС	9,2 [7,7; 11,8]	8,0 [5,0; 24,2]	96,6 [42,3; 327]	72 [70; 80]
ЦВС	15,9 [10,9; 30,7]*	29,8 [20,3; 84,9]*	326,5 [215,2; 758,8]*	65 [63; 80]*
T, Z, p (ОКС влево)	U=62 Z=-3,526 p=0,000422	U=78 Z=-3,072 p=0,002120	U=93 Z=-2,648 p=0,008095	U=70 Z=-3,156 p=0,007029

Примечание: * значимые различия при $p < 0,05$ (по критерию Манна – Уитни).

ОКС вправо статистически достоверно увеличила показатели ССП ЦД в группе с ЦВС до 17,6 [12,2; 28,8] мм/с в сравнении с ПВС – 7,82 [7,4; 10,2] мм/с ($U=57$, $Z=-3,775$, $p < 0,05$); показатель СИПС достоверно выше в группе с ЦВС 17,6 [12,2; 28,8] мм/с по сравнению с ПВС 7,82 [7,4; 10,2]; ПЭ достоверно выше в группе с ЦВС 401,8 [192,9; 782,9] мм² в сравнении с ПВС – 96,1 [49,6; 179,5] мм² ($U=83$, $Z=-3,064$, $p < 0,05$); установлено достоверное уменьшение КФР в группе с ЦВС 59 [58; 72]% по сравнению с ПВС 86 [70; 87]% ($U=62$, $Z=-3,103$, $p < 0,05$).

При воздействии ОКС влево статистически значимо увеличилась ССП ЦД до 15,9 [10,9; 30,7] мм/с в группе ЦВС при 9,2 [7,7; 11,8] мм/с с ПВС ($U=62$, $Z=-3,526$, $p < 0,05$); показатель СИПС значимо выше в группе с ЦВС 29,8 [20,3; 84,9] мм/с по сравнению с ПВС – 8,0 [5,0; 24,2] мм/с ($U=78$, $Z=-3,072$, $p < 0,05$); установлено достоверное увеличение ПЭ 326,5 [215,2; 758,8] мм² в сравнении с ПВС – 96,6 [42,3; 327] мм² ($U=93$, $Z=-2,648$, $p < 0,05$). Установлено достоверное снижение показателя КФР до 65 [63; 80]% в группе с ЦВС по сравнению с ПВС 72 [70; 80]% ($U=70$, $Z=-3,156$, $p < 0,05$).

Результаты, представленные на рисунке, демонстрируют состояние ФР в стадии субкомпенсации в группе пациентов с ПВС, где КФР в тесте Ромберга с зрительным контролем составляет 88,3%, у пациентов с ЦВС 75,4% и демонстрирует устойчивое равновесие (медиана значения КФР при зрительном контроле составляет 84,66% [73,1; 91,25] [12].



Результаты сравнения показателя КФР в группах пациентов с ЦВС и ПВС
The results of comparing the QBF indicator in the groups of patients with CVS and PVS

Предъявление ОКС при поддержании ВП у пациентов с ПВС продемонстрировало напряжение систем поддержания ФР и сохранение показателей КФР на устойчивом уровне.

При этом предъявление ОКС при поддержании ВП у пациентов с ЦВС достоверно снизило КФР при ОКС вверх до 64,8%, ОКС вниз – 61,9%, при ОКС вправо до 59% и ОКС влево до 65% ($p < 0,05$), что соответствует легким нарушениям ФР [12].

Нейропластичность нервных процессов обеспечивает реорганизацию и адаптацию нарушений ФР в результате ВД замещением новых стратегий для сохранения равновесия (зрительной, проприоцептивной). Процесс зрительного сенсорного замещения требует поступления визуальных сигналов (концепция превалирования визуальных стимулов, способного определять быстрые изменения визуальной обстановки на основе зрительных сигналов) для сохранения ФР [Y. Zennou-Azogui et al., 1994]. Увеличение афферентной импульсации от проприоцепторов скелетных мышц и суставов, преимущественно антигравитационных мышц, прежде всего экстензоров шеи, спины, бедер, голени и стопы, активирует проприоцептивную стратегию [10, 13, 17].

Известно о пластичности ОКР, обеспечивающего изменение амплитуды движений глаз в зависимости от того, как работают другие рефлексy [2–4]. В регуляции пластичности ОКР участвуют не только мозжечок и вестибулярные ядра, но и кора головного мозга, где нейроны зрительной коры посылают активирующие сигналы к ядрам ствола мозга, управляющие глазными мышцами [8, 9, 11, 17]. Установлено, что при патологии внутреннего уха ОКР усиливается [13, 14].

В результате проведенного исследования установлено достоверное изменение показателей КФР в тесте Ромберга с зрительным контролем, с ЦВС 75,4 [62,6; 83,08]% и ПВС 88,3 [84,03; 92,4]% по сравнению со здоровыми испытуемыми – с 93,5 [89,4; 96,1]%. В группе с ПВС при предъявлении ОКС вниз достоверно увеличился показатель ССП ЦД до 8,3 [6,9; 11,7] мм/с ($T=35$, $Z=1,964$, $p < 0,05$), который прямо влияет на снижение показателя КФР до 75 [65; 83]% ($T=63$, $Z=2,7$, $p < 0,05$) и демонстрирует

напряжение звеньев СКУ для сохранения ФР на устойчивом уровне. Достоверное изменение показателей ССП ЦД и ПЭ говорит об изменении компонентов управления ФР и отражает ухудшение всей системы СКУ тела у пациентов с ЦВС. В группе с ЦВС в стадии субкомпенсации установлено достоверное изменение всех показателей статокинезиограммы при ОКС во всех плоскостях, что ухудшает ФР до умеренной степени в целом.

■ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные результаты позволили объективизировать те звенья поддержания ФР у пациентов с ВД, на которые необходимо воздействовать при разработке методов медицинской реабилитации. Установлена зрительная стратегия замещения в сохранении ФР в группе с ЦВС, что отражается в значимых изменениях показателей статокинезиограммы при воздействии ОКС. В связи с чем пациентам с ЦВС во время медицинской реабилитации целесообразно применять подходы для стимуляции проприоцептивной афферентации: упражнения на равновесие или в условиях зрительной стимуляции.

В группе с ПВС не установлено зрительной зависимости, тенденция к изменению показателей статокинезиограммы отражает лишь усиление процессов, направленных на сохранение ФР, что указывает на ведущую роль проприоцептивной стратегии в сохранении равновесия. Это подтверждает значимость использования в медицинской реабилитации упражнений на неустойчивых поверхностях. Так как преобладание одной из стратегий увеличивает риск падений у пациентов с ВД, своевременная оценка и коррекция уже сформированной стратегии замещения позволит снизить ее избыточное влияние, активируя другие сенсорные входы для сохранения ФР.

■ ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Antonenko L., Parfenov V. Rehabilitation of patients with vestibular disorders. *Medical advice*. 2017;1:33–37. (in Russian)
2. Bernstein N. *Physiology of movements and activity*. M.: Nauka, 1990: 495 p. (in Russian)
3. Zamergrad M. (ed.) *Clinical recommendations. Diagnosis and treatment of balance disorders in diseases of the nervous system*. 2nd ed. Moscow: MEDpress-inform, 2019: 112 p. (in Russian)
4. Deniskina N. *Frontal stability of the vertical posture of a person* (PhD Thesis). M., 2009: 28 p. (in Russian)
5. Dotsenko V., Usachev V., Morozova S., Skedina M. Modern algorithms of stabilometric diagnostics of postural disorders in clinical practice. *Medical advice*. 2017; 8:116–122. (in Russian)
6. Kamkin A., Kamensky A. (eds.) *Fundamental and clinical physiology. Textbook*. M.: Academy, 2004. 1073 p. (in Russian)
7. Gurfinkel V., Kotz Ya., Shik M. *Regulation of human posture*. M.: Nauka, 1965. 256 p. (in Russian)
8. Schmidt R., Tevs G. (eds.) *Human physiology. In 4 volumes. Translated from English*. Moscow: Mir, 1985. (in Russian)
9. Kononova N. *Functional computer stabilometry in the differential diagnosis of peripheral and central vestibular disorders* (PhD Thesis). Moscow, 2006: 20 p. (in Russian)
10. Lacour M. Restoration of vestibular function: basic aspects and practical advances for rehabilitation. *Curr. Med. Res. Opin.* 2006;22(9):1651–1659.
11. Levik Yu. *The system of internal representation in motion control and organization of sensorimotor interaction* (PhD Thesis). M.: Institute of Problems of Information Transmission of the Russian Academy of Sciences, 2006: 48 p. (in Russian)
12. Likhachev S., Kachinsky A. The value of some indicators of static stabilometry. *Vestn. otorhinolaryngology*. 2011;2:33–37. (in Russian)
13. Liu B., Huberman A., Scanziani M. Cortico-fugal output from visual cortex promotes plasticity of innate motor behaviour. *Nature*. 2016;538:383–387. Available at: <https://doi.org/10.1038/nature19818>
14. Neiman L. *Anatomy, physiology and pathology of hearing and speech organs*. M.: Medicine. 2001. (in Russian)
15. Samartsev S., Zhivolupov Yu., Butakova Modern ideas about neurophysiological mechanisms and clinical manifestations of statodynamic disorders, the possibilities of their correction. *Clinical pharmacology and therapy*. 2019;28(2):94–98. (in Russian)
16. Skvortsov D. Stabilometry – functional diagnostics of function, musculoskeletal system and sensory system. *Functional diagnostics*. 2004;3:78–84. (in Russian)
17. Zennou Azogui Y., Herri C., Leonard J., Tighilet B. Vestibular compensation: role of visual motion cues in the recovery of posturo-kinetic functions in the cat. *Behav Brain Res*. 1996;74:65–77.