

**ИЛЬЮТИК Анна Вячеславовна, канд. биол. наук, доцент**  
**ЗУБОВСКИЙ Дмитрий Константинович, канд. мед. наук**  
**АСТАШОВА Анастасия Юрьевна**

*Белорусский государственный университет физической культуры,  
Минск, Республика Беларусь*

## **ВЗАИМОСВЯЗЬ ПАРАМЕТРОВ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА И СТАБИЛОМЕТРИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДЕПРИВИРОВАННЫХ ПО СЛУХУ ДЕТЕЙ В УСЛОВИЯХ ПРИМЕНЕНИЯ АУДИОВИЗУАЛЬНОЙ СТИМУЛЯЦИИ**

В статье изложены результаты применения аудиовизуальной стимуляции (АВС) у детей-инвалидов по слуху в возрасте от 12 до 16 лет. Показано, что проведение АВС в режиме «Антистресс 2» сопровождалось увеличением количества статистически значимых корреляционных зависимостей между показателями вариабельности сердечного ритма и стабилотрии. Выявленные корреляционные связи показателей вариационной пульсометрии и стабилотрии свидетельствуют об улучшении постуральной устойчивости при усилении автономного контура регуляции после прохождения детьми курса АВС-воздействий. Данный факт может отражать совершенствование функций регуляторных систем после прохождения курса процедур АВС.

**Ключевые слова:** аудиовизуальная стимуляция; вариабельность сердечного ритма; вегетативная нервная система; корреляция; постуральная устойчивость; сенсоневральная тугоухость; стабилотрия; дети.

## **RELATIONSHIP OF HEART RATE VARIABILITY AND STABILOMETRIC INDICATORS IN AUDITORY DEPRIVED CHILDREN IN CONDITIONS OF AUDIOVISUAL STIMULATION**

The article presents the results of the use of audiovisual stimulation (AVS) in hearing impaired children aged 12 to 16 years. It was shown that AVS in the "Antistress 2" mode was accompanied by an increase in the number of statistically significant correlation dependencies between the indicators of heart rate variability and stabilometry. The revealed correlations between the indicators of variational pulsometry and stabilometry are indicative of postural stability improvement with an increase in the autonomic regulation loop after children have completed the course of AVS exposure. This fact may reflect the improvement of the regulatory systems functions after a course of AVS procedures.

**Keywords:** audiovisual stimulation; heart rate variability; autonomic nervous system; correlation; postural stability; sensorineural hearing loss; stabilometry; children.

**Введение.** Основной проблемой, препятствующей вовлечению в активные занятия спортом детей-инвалидов по слуху, являются неразвитость их физических качеств. Во многом это обусловлено дисбалансом функции равновесия, что связано со структурно-анатомическим единством анализаторов слуха и равновесия, расположенных во внутреннем ухе. Нарушения постурального баланса усугубляются недоразвитием у детей с сенсоневральной тугоухостью (СНТ) кинестетической чувствительности, т. е.

ощущений движения, положения частей собственного тела и мышечных усилий [1]. Проприоцепция, со своей стороны, является базой формирования межсенсорных связей: слухо- и зрительно-двигательных, кожно-кинестетических. Одним из итогов этих аномалий у детей с СНТ является снижение полимодального запоминания, сохранения и воспроизведения движений, что препятствует формированию навыков в физическом воспитании и спорте. В свою очередь, сложности процесса обучения, порож-

даемые низким уровнем сенсомоторной интеграции [2], находятся в прямой зависимости от состояния функций вегетативной нервной системы (ВНС) [3], ресурсам которой принадлежит важная роль в поддержании постурального равновесия, ориентации и координации движений [4].

В детском и подростковом возрасте адаптация к физическим нагрузкам происходит с преобладанием тонуса симпатического отдела ВНС, причем у депривированных по слуху детей этот процесс проходит с большим напряжением ВНС, чем нормально слышащих [5]. При этом отклонения, возникающие со стороны ВНС, могут явиться наиболее ранним признаком дезадаптации детей-инвалидов по слуху [6].

Направления и методы коррекционной работы в сурдопедагогике обширны, однако, несмотря на значительное число исследований, посвященных оценке функций физиологических систем обеспечения жизнедеятельности детей-инвалидов по слуху, вопрос динамики их вегетативного статуса при коррекционной работе, по мнению большого числа исследователей, остается открытым [7].

Одним из направлений коррекционной работы являются тренинги, позволяющие развить восприятие, память, мышление, речь инвалидов по слуху за счет визуализации речевой информации с помощью изображений, макетов и др. Поэтому в коррекционной работе с инвалидами по слуху актуально применение методики компьютерной аудиовизуальной стимуляции (АВС) для формирования навязанной пациенту биоэлектрической активности коры головного мозга и влияния на его психофизиологическое состояние.

АВС вовлекает в процесс высшие (надсегментарные) вегетативные центры головного мозга, способствуя повышению активности парасимпатического

отдела ВНС и усилению влияния автономного контура регуляции [8]. Это позволяет использовать АВС как в качестве профилактического средства, обеспечивающего повышение адаптационного резерва при эмоциональных и психосоциальных нагрузках у здоровых лиц, так и в комплексной терапии и реабилитации психических и поведенческих расстройств [9]. В спортивной практике описано применение АВС у высококвалифицированных спортсменов для улучшения их психологического состояния и повышения работоспособности [8].

**Целью данного исследования** явилось выявление корреляционной взаимосвязи механизмов регуляции сердечно-сосудистой системы по данным ВСР с характеристиками поддержания вертикальной позы по данным стабилотрии в условиях применения АВС у депривированных по слуху детей.

Исследование предпринято в рамках выполнения задания Государственной программы развития физической культуры и спорта в Республике Беларусь на 2016–2020 гг. «Разработать на основе аудиовизуальных воздействий методику улучшения физических качеств, психологического и вегетативного статуса детей-инвалидов по слуху на этапе предварительной подготовки по легкой атлетике» (№ г.р. 20192066).

**Методы исследования.** В исследование включены 30 соматически здоровых, на момент обследования, учащихся ГУО «Ждановичская специальная общеобразовательная школа-интернат» в возрасте 12–16 лет. Из них 20 человек составили основную группу, где проводилась АВС (группа № 1; АВС) и 13 человек составили группу сравнения (группа № 2), которым АВС не проводилась, и дети, кроме занятий на уроках физкультуры, занимались спортом (легкая атлетика 2

раза в неделю по 1,5 часа). Группы были равномерно распределены по полу и возрасту. Регистрация показателей ВСР производилась методом кардиоинтервалографии с использованием компьютерного комплекса «Нейрон-Спектр» в покое и при проведении активной ортостатической пробы. Изучались: ТР (мс<sup>2</sup>) – общая мощность спектра ВСР; Мо (наиболее часто встречающееся значение кардиоинтервала, с), АМо (амплитуда моды – процент кардиоинтервалов RR, соответствующий значению моды), ВР (вариационный размах – разность между длительностью наибольшего и наименьшего RR-интервала); состояние вегетативного тонуса оценивалось по величине индекса напряжения ИН (у.е.). Для определения функции равновесия использовался компьютерный стабиланализатор «Стабилан-01-02». Анализировались: качество функции равновесия (КФР; %), средний разброс (мм), площадь эллипса (кв. мм), коэффициент рез-

кого изменения направления движения вектора (КРИНД). АВС проводилась в режиме «Антистресс 2» от аппарата AVS-D (НПФ «Диполь-ООО», Республика Беларусь, Витебск) по 10 процедур продолжительностью 24 мин. Статистический анализ данных производили с помощью пакета программ «Microsoft Office Excel» и «IBM SPSS Statistics 20». Количественные данные представлены в виде медианы значений (Ме) и интерквартильного размаха с описанием значений 25 и 75 перцентилей: Ме (25 %; 75 %). Критическим значением уровня значимости считали 0,05.

**Результаты и обсуждение.** В таблице 1 представлены изменения среднегрупповых величин показателей ВСР у испытуемых. Приведены показатели ВСР до (обследование 1) и после прохождения курса процедур АВС (обследование 2) в режиме «Антистресс 2» (группа № 1) и аналогичные показатели ВСР в группе № 2, изученные в те же сроки.

Таблица 1. – Динамика показателей variability сердечного в группах № 1 и № 2, Ме (25 %; 75 %)

Показатели	группа 1 (обследование 1)	группа 2 (обследование 1)	группа 1 (обследование 2)	группа 2 (обследование 2)
<b>фоновая запись</b>				
ТР, мс <sup>2</sup>	2316 (1327; 3892)	2471 (1909; 3249)	2682 (1795; 5756)	1476 (923; 2333)
Мо, с	0,72 (0,68; 0,84)	0,72 (0,66; 0,86)	<b>0,77 (0,74; 0,89) *</b>	<b>0,72 (0,67; 0,74) *</b>
АМо, %	44,5 (30,5; 51,1)	39,5 (38,2; 46,1)	<b>33,9 (29,1; 39,9) *</b>	<b>49,7 (36,4; 62,2) *</b>
ВР, с	0,27 (0,17; 0,34)	0,27 (0,22; 0,33)	0,31 (0,22; 0,39)	0,22 (0,20; 0,29)
ИН, у. е.	121,1 (57,3; 208,8)	102,2 (75,7; 149,8)	<b>70,2 (48,1; 106,0) *</b>	<b>200,3 (87,8; 273,8) *</b>
<b>активная ортостатическая проба</b>				
ТР, мс <sup>2</sup>	1054 (614; 2047)	1138 (507; 1475)	1413 (880; 2783)	570 (512; 2019)
Мо, с	0,58 (0,52; 0,62)	0,57 (0,53; 0,63)	0,63 (0,61; 0,71)	0,58 (0,54; 0,68)
АМо, %	54,9 (43,7; 68,3)	60,4 (46,6; 65,8)	48,0 (38,6; 55,1)	64,3 (42,8; 80,2)
ВР, с	0,16 (0,11; 0,19)	0,17 (0,14; 0,18)	0,19 (0,13; 0,25)	0,12 (0,09; 0,22)
ИН, у. е.	336,2 (183,8; 639,1)	302,7 (198,7; 415,8)	227,4 (122,0; 345,6)	469,5 (146,1; 1129,9)

Примечания:

Курсивом выделены значимые различия между показателями при первом и втором обследовании по W-критерию (для парных наблюдений).

\* – значимые различия показателей у детей первой и второй групп на соответствующих этапах обследования по U-критерию (P<0,05).

При анализе показателей ВСР, зарегистрированных у детей-инвалидов по слуху, прошедших курс процедур АВС с использованием режима «Антистресс 2», отмечены следующие благоприятные изменения (таблица 1):

- удлинение кардиоинтервалов, увеличение показателей Мо (наиболее часто встречающаяся длина кардиоцикла) и Ме, что подтверждает выраженность парасимпатической регуляции ритма сердца ( $P<0,05$ );

- снижение величины АМо (процент кардиоинтервалов, соответствующих значению моды), т. е. повышение лабильности ВСР, свидетельствующее о возрастании активности автономного контура регуляции сердечного ритма;

- повышение величины ВР (вариационный размах – разница между наибольшим и наименьшим кардиоинтервалом), которая отражает степень вариативности значений кардиоинтервалов, т. е. повышение лабильности ВСР;

- снижение величин ИН ( $P<0,05$ ), как показателя меньшего напряжения механизмов регуляции сердечного ритма.

Указанная динамика показателей ВСР отражает усиление адаптационно-нормализующего защитного действия блуждающих нервов на сердце, что можно оценить как благоприятное состояние регуляторных систем, отражающее высокие адаптационные возможности организма.

При анализе показателей ВСР, зарегистрированных в группе № 1 (таблица 1), отмечено, что общая мощность спектра ВСР (ТР) значимо ниже по сравнению с детьми-инвалидами по слуху, прошедшими курс процедур АВС с использованием режима «Антистресс 2» ( $P<0,05$ ). При этом показатели вариационной пульсометрии (Мо, АМо, ВР) не изменяются, в отличие от представи-

телей группы № 1. Индекс напряжения (ИН) в положении лежа и в ортостазе значимо выше ( $P<0,05$ ) по сравнению с детьми из группы № 1 (таблица 1). При смене положения тела у детей группы № 2 отмечено резкое снижение общей мощности спектра ВСР и значительное повышение индекса напряжения, как показателей более высокой физиологической стоимости смоделированного стресса в виде смены положения тела.

В целом состояние механизмов регуляции сердечно-сосудистой системы у детей группы № 1 более благоприятное по сравнению с детьми группы № 2.

В таблице 2 представлены изменения среднегрупповых величин стабилметрических показателей в группах наблюдения на разных этапах обследований.

Таблица 2. – Динамика стабилметрических показателей в группах на разных этапах обследований, Ме (25 %; 75 %)

Показатели	группа 1 (обследование 1)	группа 2 (обследование 1)	группа 1 (обследование 2)	группа 2 (обследование 2)
КФР, %	68,2 (58,4; 80,1)	64,3 (57,9; 72,8)	75,8 (63,7; 81,7)*	68,0 (62,9; 71,6)*
Средний разброс, мм	3,6 (3,1; 4,1)	3,4 (3,1; 3,8)	2,9 (2,7; 3,5)	3,3 (3,0; 3,7)
Площадь эллипса, мм <sup>2</sup>	114,8 (72,7; 145,5)	105,3 (93,8; 122,0)	79,5 (60,0; 104,2)	99,9 (82,7; 122,1)
КРИНД, %	10,3 (6,8; 13,5)	11,0 (8,9; 14,3)	8,1 (5,9; 11,2)	9,8 (7,1; 14,1)

Примечания:

Курсивом выделены значимые различия между показателями при первом и втором обследовании по W-критерию (для парных наблюдений).

\* – значимые различия показателей у детей первой и второй групп на соответствующих этапах обследования по U-критерию ( $P<0,05$ ).

Из приведенных данных следует, что в группе № 1 показатели после первого курса АВС-воздействий КФР воз-

растают на 11,1 %, а в группе № 2 – и 10,4 %. Средний разброс, площадь эллипса и коэффициент резкого изменения направления (КРИНД) снижаются только в группе № 1 (таблица 2).

На рисунке 1 представлены корреляционные плеяды показателей ВСП со стабилотметрическими показателями в группах наблюдения на разных этапах обследований (по коэффициентам корреляции Пирсона,  $P < 0,05$ ).

У обследованных детей группы № 1 до прохождения курса процедур АВС отмечена умеренная положительная корреляция между ИН и КФР ( $r = 0,32$ ,  $P < 0,05$ ). Следовательно, высокий уровень КФР обеспечивался более существенным напряжением регуляторных механизмов, проявляющимся в повышенных величинах ИН. После прохождения курса процедур АВС характер корреляционной

взаимосвязи между рассматриваемыми показателями изменился. Между ИН и КФР появилась умеренная отрицательная корреляция ( $r = -0,42$ ,  $P < 0,05$ ), что свидетельствует о снижении напряжения (оптимизации) регуляторных механизмов для обеспечения высокого уровня КФР под влиянием курса процедур АВС в режиме «Антистресс 2».

В группе № 2 количество и характер статистически значимых корреляционных зависимостей между показателями ВСП и стабилотметрии на аналогичных этапах обследований практически не изменяется (рисунок 1).

После прохождения курса процедур АВС у детей группы № 1 изменился характер корреляционной взаимосвязи между ИН и показателями среднего разброса и площади эллипса (рисунок 1). До прохождения курса АВС-воздействий

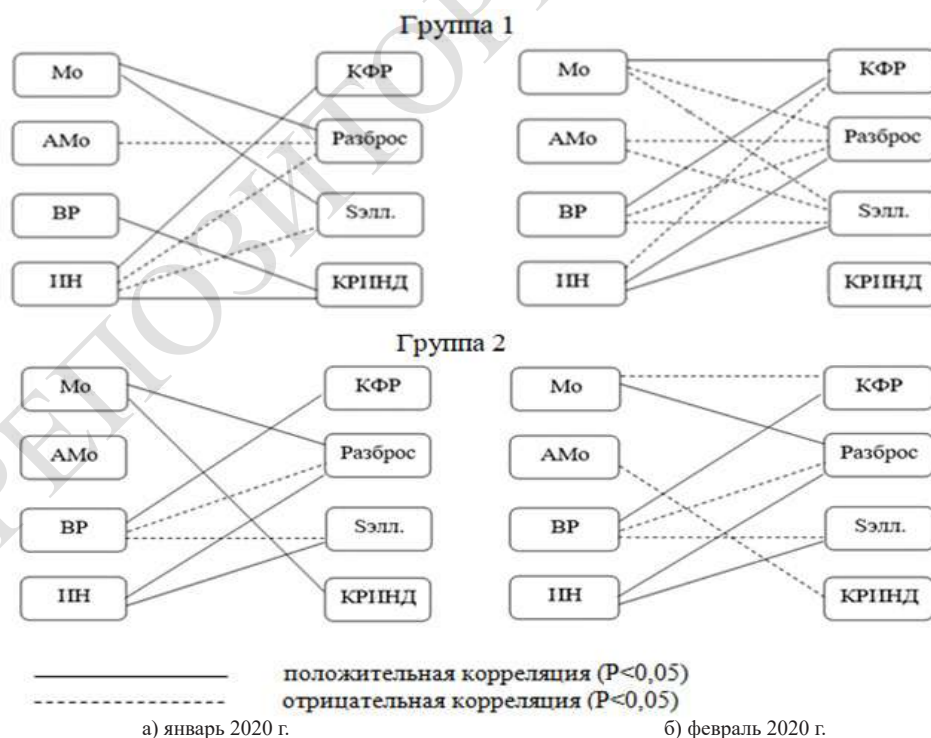


Рисунок 1. – Корреляционные плеяды показателей ВСП со стабилотметрическими показателями в группах детей



отмечена умеренная отрицательная корреляция между ИН и средним разбросом ( $r=0,41$ ,  $P<0,05$ ), а также между ИН и площадью эллипса ( $r=-0,36$ ,  $P<0,05$ ), что указывает на ухудшение устойчивости, проявляющееся в увеличении среднего радиуса отклонения общего центра массы тела и рабочей площади опоры при напряжении регуляторных систем и повышении ИН.

После курса процедур АВС у детей отмечена умеренная положительная корреляция как между ИН и средним разбросом ( $r=0,60$ ,  $P<0,05$ ), так и между ИН и площадью эллипса ( $r=0,66$ ,  $P<0,05$ ). Следовательно, оптимизация состояния систем вегетативной регуляции и снижение ИН под влиянием курса процедур АВС приводило к улучшению устойчивости (уменьшение величины среднего разброса и площади эллипса).

В группе № 2 также выявлена умеренная положительная корреляция как между ИН и средним разбросом ( $r=0,49$ ,  $P<0,05$ ), так и между ИН и площадью эллипса ( $r=0,55$ ,  $P<0,05$ ).

У детей группы № 1 после курса процедур АВС отмечены корреляции между показателями вариационной пульсометрии (Мо и ВР) и стабилومتрии (КФР, средний разброс и площадь эллипса). Так, появилась умеренная положительная корреляция между КФР и Мо ( $r=0,52$ ,  $P<0,05$ ), а также между КФР и ВР ( $r=0,45$ ,  $P<0,05$ ), рисунок 1. Следовательно, улучшение поструральной устойчивости у обследованных детей связано с благоприятным воздействием АВС на вегетативный баланс, что выражалось ростом значений Мо и ВР.

Курс процедур АВС в режиме «Антистресс 2» приводил к появлению умеренной отрицательной корреляции между средним радиусом отклонения и Мо ( $r=-0,55$ ,  $P<0,05$ ), между средним ради-

усом отклонения и ВР ( $r=-0,38$ ,  $P<0,05$ ). Кроме этого, после АВС наблюдалась умеренная отрицательная корреляция между площадью эллипса и Мо ( $r=-0,66$ ,  $P<0,05$ ), а также между площадью эллипса и ВР ( $r=-0,35$ ,  $P<0,05$ ), рисунок 1. Таким образом, снижение величин среднего радиуса отклонения и площади эллипса, указывающее на улучшение функции равновесия после курса АВС, коррелировало с повышением величин Мо и ВР. Как известно, нарастание Мо и ВР является признаком увеличения лабильности и снижения ригидности систем регуляции организма и указывает на уменьшение под влиянием АВС «физиологической стоимости» усилий на поддержание вертикальной позы.

В группе № 2 корреляции между Мо и показателями стабилومتрии не выявлены. Однако отмечена так же, как и в группе № 1, умеренная отрицательная корреляция между ВР и средним радиусом отклонения ( $r=-0,63$ ,  $P<0,05$ ) и между ВР и площадью эллипса ( $r=-0,58$ ,  $P<0,05$ ), рисунок 1.

**Заключение.** Выявленные корреляционные связи показателей вариационной пульсометрии и стабилومتрии свидетельствуют об улучшении поструральной устойчивости при усилении автономного контура регуляции после прохождения детьми курса процедур АВС.

Таким образом, у обследованных детей группы № 1 после прохождения курса процедур АВС с использованием режима «Антистресс 2» отмечено увеличение количества статистически значимых корреляционных зависимостей между показателями ВСР и стабилومتрии (рисунок 1,  $P<0,05$ ). Данный факт может отражать совершенствование функций регуляторных систем после прохождения курса аудиовизуальной стимуляции.

Главным теоретико-методическим положением проведенного исследования является то, что улучшение состояния вертикальной устойчивости тела депривированных по слуху детей с помощью компьютерной аудиовизуальной стимуляции (и любых иных коррекционных технологий) должно строиться на основе учета регуляторных влияний вегетативной нервной системы.

1. Данилова, Р. И. Стабилометрические показатели у тугоухих и нормально слышащих детей 7–9 лет : сравнительный анализ / Р. И. Данилова, С. В. Соболев // *Фундаментальные исследования*. – 2014. – № 8–5. – С. 1085–1089.

2. Педагогические технологии воспитательной работы в специальных (коррекционных) школах I и II вида : учеб. : в 2 ч. / Е. Г. Речицкая [и др.] ; ред. : Е. Г. Речицкая. – М. : ВЛАДОС, 2009. – Ч. 2 – 392 с.

3. Gender-based differences in cardiovascular autonomic function tests among deaf children / S. Suma [et al.] // *National Journal of Physiology, Pharmacology and Therapeutics*. – 2019. – Vol. 9, № 3. – P. 215–220.

4. Сышко, Д. В. Особенности вестибуловегетативных типов реакций у спортсменов с нарушением функции слуха / Д. В. Сышко, А. В. Мутьев // *Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского*. – 2006. – Т. 19 (58). – № 4. – С. 190–194.

5. Акулина, М. В. Оценка адаптационных возможностей депривированных по слуху школьников подросткового периода / М. В. Акулина // *Здоровье и образование в XXI веке*. – 2011. – Т. 13. – № 2. – С. 165–166.

6. Догадкина, С. Б. Особенности вегетативной регуляции сердечного ритма у детей 8 лет / С. Б. Догадкина // *Новые исследования*. – 2011. – № 27. – С. 101–108.

7. Крамаренко, А. Л. Методика повышения двигательной активности глухих младших школьников на основе использования средств аудиовизуального воздействия : автореф. дис. ... канд. пед. наук : 13.00.04 / А. Л. Крамаренко ; Дальневост. гос. акад. физ. культуры. – Хабаровск, 2009. – 23 с.

8. Айзман, Р. И. Эффективность влияния однократной и продолжительной аудиовизуальной стимуляции на вариабельность сердечного ритма и механизмы вегетативной регуляции у спортсменов-циклистов / Р. И. Айзман, М. С. Головин // *Бюллетень сибирской медицины*. – 2014. – Т. 13. – № 6. – С. 113–119.

9. Аудиовизуальные технологии обучения : учеб.-метод. комплекс дисциплины / сост. С. А. Баженова. – М. : Мос. гор. пед. ун-т, 2008. – 36 с.

УДК 796.91 + 575.1.2

**ИЛЮТИК Анна Вячеславовна**, канд. биол. наук, доцент

**МОРОЗ Елена Александровна**

Белорусский государственный университет физической культуры,

**ИЛЮТИК Сергей Александрович**

ГУ «Городской центр олимпийского резерва по ледовым дисциплинам»,

Минск, Республика Беларусь

## **СРАВНЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ГЛИКОЛИЗА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДОВ РАЗВИТИЯ СПЕЦИАЛЬНОЙ ВЫНОСЛИВОСТИ У КВАЛИФИЦИРОВАННЫХ КОНЬКОБЕЖЦЕВ**

Методы однократной предельной, повторной и интервальной работы по-разному влияют на основные кинетические характеристики гликолиза как ведущего биохимического процесса, определяющего развитие специальной выносливости у конькобежцев. Однократную предельную нагрузку целесообразно использовать для оценки гликолитических возможностей организма и уровня развития специальной выносливости. Метод повторной работы позволяет воспроизводить программируемый тренировочный эффект и отрабатывать скорость движения при прохождении дистанции. Метод интервальной работы является эффективным для адаптации организма к сильному ацидозу и может использоваться для совершенствования компенсаторных механизмов. Динамика содержания лактата в крови конькобежцев позволяет объективно