



Научная статья  
УДК 616.711-007.55-08-039.73-053.7  
<https://doi.org/10.17816/2311-2905-17759>



## Сравнение результатов консервативного лечения юношеского идиопатического сколиоза у пловцов и спортсменов художественной гимнастики

М.Ч. Семенистая<sup>1,3</sup>, Б. Чонгов<sup>2,3</sup>, А.А. Семенистый<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> Медицинский университет Софии, г. София, Болгария

<sup>2</sup> Национальная спортивная академия Васила Левски, г. София, Болгария

<sup>3</sup> Университетская специализированная ортопедическая больница им. проф. Б. Бойчева, г. София, Болгария

### Реферат

**Актуальность.** Влияние регулярных занятий спортом и его вида на эффективность консервативного лечения юношеского идиопатического сколиоза (ЮИС) изучено недостаточно. Определение этой корреляции важно для персонализации программ специфических упражнений (PSSE) и профилактики прогрессирования деформации.

**Цель исследования** — сравнить результаты консервативной терапии юношеского идиопатического сколиоза у спортсменов художественной гимнастики, пловцов и пациентов, не занимающихся регулярно спортом, а также оценить влияние вида спорта на изменение фронтальных и сагиттальных параметров баланса туловища и гибкости.

**Материал и методы.** Проведен ретроспективный анализ лечения 54 пациентов: 21 гимнастки (группа 1), 11 пловцов (группа 2) и 22 пациентов, не занимающихся регулярно спортом, (группа 3, контрольная). Группы были сопоставимы по основным антропометрическим и рентгенологическим показателям. Всем пациентам проводили PSSE по BSPTS Rigo; при наличии показаний применялся корсет TLSO. До и после лечения оценивали угол Кобба, грудной кифоз, поясничный лордоз, сагиттальный индекс, угол наклона туловища (АТИ) и гибкость (sit-and-reach тест).

**Результаты.** Значимые межгрупповые различия выявлены только в величине угла Кобба ( $N = 9,366$ ;  $p = 0,007$ ) в ходе лечения. Апостериорный анализ показал, что у гимнасток снижение величины угла Кобба было статистически значимо больше по сравнению с контрольной группой ( $p < 0,0167$ ). Различия между контрольной группой и пловцами, а также между гимнастками и пловцами не достигли статистической значимости после поправки. Для остальных параметров (грудной кифоз, поясничный лордоз, сагиттальный индекс, гибкость, масса и рост) межгрупповых различий не выявлено. Внутригрупповой анализ показал статистически значимое уменьшение угла Кобба и АТИ у гимнасток, а также улучшение гибкости у гимнасток и в контрольной группе. Прогрессирование деформации более  $5^\circ$  у спортсменов наблюдалось реже ( $3,1\%$ ), чем у пациентов, не занимающихся регулярно спортом, ( $27,3\%$ ;  $p = 0,0144$ ).

**Заключение.** Консервативное лечение на основе PSSE эффективно у всех пациентов с юношеским идиопатическим сколиозом. У гимнасток отмечены более выраженная коррекция деформации во фронтальной плоскости и снижение угла наклона туловища по сравнению с пациентами, не занимающимися регулярно спортом. Не выявлено преимуществ плавания для коррекции деформации во фронтальной (угол Кобба) и сагиттальной плоскостях (лордоз, кифоз).

**Ключевые слова:** юношеский идиопатический сколиоз; физиотерапия; корсетотерапия, PSSE (BSPTS Rigo); художественная гимнастика; плавание; угол Кобба.

**Для цитирования:** Семенистая М.Ч., Чонгов Б., Семенистый А.А. Сравнение результатов консервативного лечения юношеского идиопатического сколиоза у пловцов и спортсменов художественной гимнастики. *Травматология и ортопедия России*. 2025;31(4):111-119. <https://doi.org/10.17816/2311-2905-17759>.

Семенистый Антон Алексеевич; e-mail: an.semenistyy@gmail.com

Рукопись получена: 27.08.2025. Рукопись одобрена: 20.10.2025. Статья опубликована онлайн: 10.11.2025.

© Эко-Вектор, 2025



## Comparison of Conservative Treatment Outcomes for Adolescent Idiopathic Scoliosis in Swimmers and Rhythmic Gymnastics Athletes

Marianna Ch. Semenistaia<sup>1,3</sup>, Borislav Chongov<sup>2,3</sup>, Anton A. Semenisty<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> Medical University of Sofia, Sofia, Bulgaria

<sup>2</sup> Vasil Levski National Sports Academy, Sofia, Bulgaria

<sup>3</sup> Prof. B. Boychev University Hospital for Orthopaedic, Sofia, Bulgaria

### Abstract

**Background.** The impact of regular sports activities and specific types of sports on the effectiveness of conservative treatment for adolescent idiopathic scoliosis (AIS) has not been sufficiently studied. Understanding this relationship is essential for personalizing programs of physiotherapeutic specific scoliosis exercises (PSSE) and preventing deformity progression.

**The aim of the study** – to compare the results of conservative therapy for adolescent idiopathic scoliosis among rhythmic gymnasts, swimmers, and patients not engaged in regular sports activities, as well as to evaluate the influence of sport type on changes in frontal and sagittal trunk balance parameters and flexibility.

**Methods.** A retrospective analysis was performed on 54 patients: 21 rhythmic gymnasts (Group 1), 11 swimmers (Group 2), and 22 non-athletic patients (Group 3, control). The groups were comparable in terms of key anthropometric and radiological parameters. All patients underwent PSSE according to the BSPTS Rigo method. TLSO bracing was used when indicated. Before and after treatment, the Cobb angle, thoracic kyphosis, lumbar lordosis, sagittal index, angle of trunk inclination (ATI), and flexibility (sit-and-reach test) were assessed.

**Results.** Significant intergroup differences were found only for the Cobb angle ( $H = 9.366$ ;  $p = 0.007$ ) during treatment. Post-hoc analysis revealed that gymnasts showed a statistically significantly greater reduction in Cobb angle compared with the control group ( $p < 0.0167$ ). Differences between the control group and swimmers, as well as between gymnasts and swimmers, did not reach statistical significance after adjustment. No significant intergroup differences were found for other parameters (thoracic kyphosis, lumbar lordosis, sagittal index, flexibility, body mass, and height). Intragroup analysis demonstrated a statistically significant decrease in Cobb angle and ATI among gymnasts, and improved flexibility in both gymnasts and the control group. Deformity progression greater than  $5^\circ$  occurred less frequently in athletes (3.1%) than in non-athletic patients (27.3%;  $p = 0.0144$ ).

**Conclusion.** Conservative treatment based on physiotherapeutic specific scoliosis exercises is effective in all patients with adolescent idiopathic scoliosis. Rhythmic gymnasts demonstrated a more pronounced correction of frontal plane deformity and a greater reduction in trunk inclination compared with non-athletic patients. Swimming did not show advantages for correction of deformities in either the frontal (Cobb angle) or sagittal (lordosis, kyphosis) planes.

**Keywords:** adolescent idiopathic scoliosis; physiotherapy; bracing; PSSE (BSPTS Rigo); rhythmic gymnastics; swimming; Cobb angle.

**Cite as:** Semenistaia M.Ch., Chongov B., Semenisty A.A. Comparison of Conservative Treatment Outcomes for Adolescent Idiopathic Scoliosis in Swimmers and Rhythmic Gymnastics Athletes. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2025;31(4):111-119. (In Russian). <https://doi.org/10.17816/2311-2905-17759>.

✉ Anton A. Semenisty; e-mail: an.semenisty@gmail.com

Submitted: 27.08.2025. Accepted: 20.10.2025. Published online: 10.11.2025.

© Eco-Vector, 2025

## ВВЕДЕНИЕ

Юношеский идиопатический сколиоз (ЮИС) встречается у 1–3% подростков, представляет собой трехмерную деформацию позвоночника, сопровождающуюся искривлением во фронтальной плоскости более 10° [1]. Этиологические факторы ЮИС до конца не установлены, однако предполагается, что в его развитии участвуют генетическая предрасположенность, особенности роста костно-мышечной системы, гормональные влияния и механические нагрузки [2]. Постановка диагноза обычно происходит в возрасте 10–18 лет, и заболевание прогрессирует в период наиболее интенсивного роста, приводя к выраженным косметическим и функциональным нарушениям [2].

Роль физической активности в формировании и течении ЮИС остается предметом дискуссий. Различные виды спорта по-разному влияют на позвоночник и опорно-двигательный аппарат [3]. Художественная гимнастика связана с высокими требованиями к гибкости, наличием асимметричных и экстремальных амплитуд движения, что может усиливать нагрузку на позвоночник и, по мнению ряда авторов, способствовать прогрессированию сколиотической деформации у подростков [4, 5, 6, 7].

Р. Tanchev с соавторами провели в 1996 г. скрининговое обследование 4800 школьников в возрасте 11–14 лет и выявили сколиоз у 1,1% из них [7]. В 2000 г. эти же авторы выполнили аналогичное исследование у 100 спортсменок, активно занимающихся художественной гимнастикой — сколиоз у них встречался в 10 раз чаще (12%). Сколиотические деформации были легкими или умеренными и ассоциировались с задержкой менархе, генерализованной гипермобильностью суставов и повторяющейся асимметричной нагрузкой на позвоночник в период роста, обусловленной спецификой данного вида спорта [8].

Плавание, напротив, традиционно рассматривалось как сбалансированный вид физической активности, способствующий равномерному развитию мускулатуры, улучшению осанки и снижению риска деформаций позвоночника [3, 5]. Тем не менее современные исследования показывают, что регулярные тренировки в бассейне не всегда предотвращают развитие или прогрессирование заболевания, а, по мнению ряда авторов, даже повышают риск развития ЮИС [9, 10].

При кривизне менее 45° показано консервативное лечение, которое включает в себя индивидуализированный комплекс упражнений для коррекции сколиоза (Physiotherapy Scoliosis Specific Exercises — PSSE), а при кривизне более 25° — ортезирование с использованием грудно-пояснично-крестцовых корсетов [11, 12, 13, 14]. Эффективность PSSE и корсетотерапии подтверждена многочис-

ленными исследованиями, однако их результативность у спортсменов, регулярно подвергающихся специфическим физическим нагрузкам, изучена недостаточно [14, 15, 16, 17, 18].

В рекомендациях SOSORT (2016) подчеркивается, что спорт не должен назначаться как самостоятельный метод лечения идиопатического сколиоза; его цели отличаются от PSSE, который специально направлен на коррекцию деформации, функциональных нарушений и постральный контроль [5]. Вместе с тем пациентам рекомендуется сохранять регулярную физическую активность, поскольку занятия спортом, как правило, не влияют на возникновение или выраженность сколиоза и дают психофизические преимущества. Для отдельных видов спорта выявлены корреляции: для плавания — с асимметриями туловища и гиперкифозом без доказанной причинной связи; для тенниса корреляции с деформациями не выявлено; у гимнасток и балерин чаще встречается сколиоз, вероятно, на фоне гиперэластичности и отсроченного менархе. Во время корсетотерапии аэробные тренировки могут поддерживать дыхательную функцию [18, 19, 20].

Анализ исходов лечения ЮИС у спортсменов, специализирующихся в разных дисциплинах, позволяет оценить, влияет ли характер спортивной нагрузки на эффективность консервативной терапии. Сравнение художественной гимнастики и плавания в данном контексте представляет особый интерес, так как эти виды спорта существенно различаются по биомеханике движений, симметричности нагрузки и режиму тренировок.

**Цель** — сравнить результаты консервативной терапии юношеского идиопатического сколиоза у спортсменов художественной гимнастики, пловцов и пациентов, не занимающихся регулярно спортом, а также оценить влияние вида спорта на изменение фронтальных и сагиттальных параметров баланса туловища и гибкости.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

### Дизайн исследования

Тип исследования — ретроспективное когортное.

Проведена оценка результатов консервативного лечения ЮИС у 54 пациентов: профессионально занимающихся художественной гимнастикой (группа 1), профессионально занимающихся плаванием (группа 2) и не занимающихся профессиональным спортом (группа 3, контрольная). Лечение проводилось в период с 2015 по 2022 г. Окончанием лечения считалось достижение пациентами скелетной зрелости (стадия Риссера 5). Контрольная оценка проводилась в двух фиксированных точках: до начала лечения (первичный осмотр) и при достижении скелетной зрелости

(окончательный осмотр). Средний срок наблюдения составил 44,3 (12–65) мес.

**Критерии включения:** диагноз ЮИС с углом Кобба 10–45°; возраст 10–15 лет на момент начала лечения; стадия Риссера 0–3; наличие как минимум двух рентгенограмм (в т.ч. исходной).

**Критерии исключения:** вторичный сколиоз; отказ официального представителя пациента от участия в исследовании; несоблюдение пациентом программы реабилитации.

В группу 1 вошел 21 пациент (все девушки), в группу 2 — 11 пациентов (7 девушек и 4 юношей), в группу 3 — 22 пациента (17 девушек и 5 юношей). Группы были однородны по возрасту, изменениям антропометрических характеристик за период наблюдения (рост, масса тела), сагиттальному индексу и показателям тяжести искривления (угол Кобба, кифоз и лордоз). Однако они значительно различались по исходным значениям роста, массы тела, гибкости (по результатам теста sit-and-reach) [20], а также по количеству и продолжительности тренировочных занятий. Гимнастки демонстрировали значительно более высокие показатели гибкости по сравнению с участниками групп 2 и 3.

### Протокол лечения

Все пациенты выполняли стандартизированную программу физиотерапевтических специализированных упражнений при сколиозе (PSSE), основанную на концепции BSPTS Rigo [21]. Программа включала одно индивидуальное занятие с сертифицированным физиотерапевтом раз в месяц (90 мин.) и домашний комплекс упражнений, выполняемый пять раз в неделю по 20 мин. Упражнения были направлены на коррекцию осанки, дыхательную гимнастику, а также на активацию и интеграцию постуральных мышечных цепей.

Жесткий грудно-пояснично-крестцовый ортез (TLSO) был назначен в 25 случаях (8 гимнасток, 6 пловцов, 11 пациентов контрольной группы). Показания к назначению определялись в соответствии с критериями Общества по изучению сколиоза (Scoliosis Research Society), которые включают: угол Кобба 25–40° при документированном прогрессировании деформации; угол Кобба 20–25° у пациентов с высоким риском прогрессирования (Риссер 0–2) [22].

При назначении режим ношения корсета составлял от 18 до 23 ч. в сутки. Используемые корсетные конструкции соответствовали принципам системы Rigo-Chêneau и методологии BSPTS [21].

### Оценка результатов лечения

Для оценки результатов лечения использовали следующие клинические и рентгенологические показатели: 1) угол Кобба (рентгенография позвоноч-

ника в прямой проекции), сагиттальный индекс (в мм); 2) величина грудного кифоза и поясничного лордоза (измеренные инклинометром); 3) угол наклона туловища (ATI — Angle of trunk inclination), определенный с помощью сколиометра; 4) гибкость, измеренная с помощью теста sit-and-reach; 5) антропометрические данные (рост и масса тела), зафиксированные на первичном и окончательном осмотрах; 6) доля случаев прогрессии сколиотической деформации более 5° (неуспешность консервативного лечения).

### Статистический анализ

Для описания демографических и клинических данных использовались методы описательной статистики. Количественные переменные с нормальным распределением представлены в виде среднего значения и стандартного отклонения ( $M \pm SD$ ), при ненормальном распределении — в виде медианы, межквартильного размаха и крайних значений ( $Me [Q_1; Q_3]$  (min-max)).

Нормальность распределения оценивали с помощью критерия Шапиро–Уилка. При нормальном распределении для сравнения независимых групп применяли однофакторный дисперсионный анализ (ANOVA) с апостериорным тестом Тьюки, для зависимых выборок — парный t-критерий Стьюдента. При ненормальном распределении использовали непараметрические методы: сравнение трех независимых групп выполняли с помощью критерия Краскела–Уоллиса с уточнением точных значений  $p$  методом Монте-Карло. При необходимости проводился апостериорный анализ с использованием критерия Манна–Уитни с поправкой Бонферрони. Внутригрупповые различия (до и после лечения) определяли по критерию Вилкоксона.

Для сравнительного анализа долей использовался критерий  $\chi^2$  Пирсона; при попарных сравнениях — точный критерий Фишера (двусторонний). Разница считалась статистически значимой при  $p < 0,05$ . Статистическая обработка выполнена в программе SPSS Statistics v. 26.0 (IBM, США).

### РЕЗУЛЬТАТЫ

Проверка нормальности распределения (тест Шапиро–Уилка) показала нормальное распределение по большинству критериев: возраст, рост (перед началом лечения), показатели гибкости (тест sit-and-reach) и показатели тяжести искривления (угол Кобба, кифоз, лордоз, сагиттальный индекс). Отклонения от нормального распределения выявлены по весу (в начале лечения и изменения за период наблюдения) и изменению роста за период наблюдения. Оценка сопоставимости групп по данным характеристикам представлена в таблице 1.

Таблица 1

## Оценка сопоставимости групп по исходным характеристикам

Параметр	Группа 1 (n = 21)	Группа 2 (n = 11)	Группа 3 (n = 22)	p
<i>Критерии с нормальным распределением (ANOVA; t-тест), M±SD</i>				
Возраст, лет	12,13±1,70	12,50±1,30	12,64±1,20	0,468
Рост, см	149,1±11,6	159,3±11,1	158,5±9,7	0,024
Угол Кобба, град.	22,3±8,3	26,6±12,5	25,3±7,0	0,363
Грудной кифоз, град.	20,8±11,8	30,5±18,9	24,5±10,2	0,143
Поясничный лордоз, град.	29,9±10,2	30,0±11,9	29,0±6,8	0,939
Сагиттальный индекс, мм	30,7±31,0	54,5±44,4	39,3±28,3	0,164
Тест sit-and-reach, см	17,5±6,7	-1,1±13,8	-0,1±8,9	<0,001
Число тренировок в неделю	5,4±0,6	4,8±0,7	–	0,027
Продолжительность тренировок, ч.	4,8±1,4	1,5±0,6	–	<0,001
<i>Критерии с ненормальным распределением (тест Краскела – Уоллиса с уточнением p-значений методом Монте-Карло), Me [Q<sub>1</sub>; Q<sub>3</sub>] (min-max)</i>				
Изменение роста за период наблюдения	6,4 [5,0; 10,6] (0,4–28,6)	6,1 [3,3; 13,1] (2,0–27,9)	7,3 [3,6; 10,2] (-4,2–18,7)	0,981
Вес, кг	38,0 [31,5; 44,6] (20,0–53,1)	47,9 [37,8; 51,3] (33,4–66,3)	46,1 [39,0; 54,4] (34,4–75,2)	<0,001
Изменение веса за период наблюдения	7,2 [4,0; 12,0] (0,2–25,1)	6,3 [3,6; 12,7] (0,0–20,4)	7,9 [5,3; 11,4] (-5,0–16,2)	0,825

Проверка нормальности распределения (тест Шапиро–Уилка) показала нормальное распределение по всем оцениваемым критериям, кроме изменения угла Кобба в результате лечения.

В группе 1 отмечено статистически значимое уменьшение угла Кобба. В группе 2 угол Кобба снизился, однако это изменение не было статистически значимым. В группе 3 отмечено незначительное статистически незначимое увеличение угла Кобба.

У пациентов группы 1 и группы 2 также зафиксировано статистически значимое изменение АТГ, измеренного сколиометром до и после лечения. У пациентов группы 3 изменение этого показателя было статистически незначимым. Во всех трех группах не наблюдалось статистически значимых изменений сагиттального индекса, показателей кифоза и лордоза.

Улучшение показателей гибкости (тест sit-and-reach) наблюдалось у пациентов всех трех групп (табл. 2).

Таблица 2

## Внутригрупповой анализ результатов консервативного лечения сколиоза (t-тест)

Параметр		Группа 1 (n = 21)		Группа 2 (n = 11)		Группа 3 (n = 22)	
		M±SD	p	M±SD	p	M±SD	p
Угол Кобба, град.	до лечения	22,33±8,31	<0,001	26,60±12,57	0,284	25,36±7,00	0,797
	после лечения	15,76±7,94		23,60±18,14		25,82±7,97	
Грудной кифоз, град.	до лечения	20,86±11,80	0,873	30,55±18,98	0,906	24,59±10,22	0,207
	после лечения	20,57±9,98		31,09±12,68		27,05±10,07	
Поясничный лордоз, град.	до лечения	29,95±10,21	0,705	30,00±11,86	0,421	29,05±6,86	0,540
	после лечения	29,05±6,89		32,36±9,16		29,95±6,34	
Сагиттальный индекс, мм	до лечения	30,71±31,04	0,213	54,55±44,47	0,884	39,32±28,30	0,762
	после лечения	38,57±17,40		55,91±29,22		40,91±25,76	
АТГ, град.	до лечения	8,43±4,08	<0,001	9,09±6,02	0,005	9,23±4,06	0,767
	после лечения	5,62±4,05		6,55±5,93		9,00±4,49	
Тест sit-and-reach, см	до лечения	17,52±6,69	0,008	-1,09±13,8	0,017	-0,11±8,90	<0,001
	после лечения	21,24±5,38		4,00±15,06		5,50±8,80	



До начала лечения статистически значимой разницы между группами по основным параметрам (угол Кобба, кифоз, лордоз, сагиттальный индекс и АТГ) не обнаружено ( $p > 0,05$ ). Исключением оказался показатель гибкости (тест sit-and-reach): гимнасты имели более высокие исходные значения, чем пловцы и пациенты, не знающие регулярно спортом (ANOVA  $p < 0,001$ ; критерий Тьюки для обеих пар  $p < 0,001$ ).

После проведенного лечения отмечены статистически значимые различия в величине угла Кобба между пациентами групп 1 и 3 ( $p = 0,008$ ); различия между группами 1 и 2 и группами 2 и 3 не достигли значимости. По грудному кифозу также выявлены различия: у пациентов группы 2 пока-

затель выше, чем в группе 1 ( $p = 0,027$ ). По другим показателям (лордоз, сагиттальный индекс, АТГ) межгрупповых различий не выявлено. Как и до начала лечения, у пациентов группы 1 отмечались более высокие показатели гибкости, чем в группах 2 ( $p < 0,001$ ) и 3 ( $p < 0,001$ ).

Анализ средних значений величины изменения показателей после лечения показал, что изменение показателя АТГ оказалось статистически значимым только между группами 1 и 3 —  $-6,57 \pm 6,05^\circ$  против  $+0,45 \pm 8,19^\circ$  ( $p = 0,009$ ) и  $-2,81 \pm 2,87$  против  $-0,23 \pm 3,54$  ( $p = 0,023$ ) соответственно. По кифозу, лордозу, сагиттальному индексу и гибкости межгрупповых различий по величине изменения не получено ( $p > 0,05$ ) (табл. 3).

Таблица 3

**Межгрупповой анализ результатов консервативного лечения сколиоза (однофакторный дисперсионный анализ с апостериорным критерием Тьюки)**

Параметр		Группа 1 (n = 21)	Группа 2 (n = 11)	Группа 3 (n = 22)	ANOVA p	Тьюки p гр. 1 – гр. 2	Тьюки p гр. 1 – гр. 3	Тьюки p гр. 2 – гр. 3
Угол Кобба, град.	до лечения	22,33±8,31	26,60±12,57	25,36 ±7,00	0,363	0,419	0,498	0,927
	после лечения	15,76±7,94	23,60±18,14	25,82 ±7,97	0,009	0,140	0,008	0,846
Грудной кифоз, град.	до лечения	20,86±11,80	30,55±18,98	24,59±10,22	0,143	0,121	0,616	0,434
	после лечения	20,57 ±9,98	31,09±12,68	27,05±10,07	0,024	0,027	0,122	0,559
Изменение грудного кифоза		-0,29±8,06	0,55±14,98	2,45±8,84	0,665	0,973	0,648	0,865
Поясничный лордоз, град.	до лечения	29,95±10,21	30,00±11,86	29,05±6,86	0,939	1,000	0,946	0,959
	после лечения	29,05±6,89	32,36±9,16	29,95±6,34	0,465	0,435	0,910	0,637
Изменение поясничного лордоза		-0,90±10,80	2,36±9,34	0,91±6,85	0,605	0,600	0,790	0,901
Сагиттальный индекс, мм	до лечения	30,71±31,04	54,55±44,47	39,32±28,30	0,164	0,139	0,672	0,432
	после лечения	38,57±17,40	55,91±29,22	40,91±25,76	0,134	0,130	0,944	0,209
Изменение сагиттального индекса		7,86±28,00	1,36±30,26	1,59±24,27	0,704	0,795	0,729	1,000
АТГ, град.	до лечения	8,43±4,18	9,09±6,32	9,23±4,06	0,842	0,922	0,839	0,997
	после лечения	5,62±4,15	6,55±6,22	9,00±4,49	0,068	0,861	0,061	0,350
Изменение АТГ		-2,81±2,87	-2,55±2,38	-0,23±3,54	0,019	0,971	0,022	0,114
Тест sit-and-reach, см	до лечения	17,52±6,86	1,09±14,48	-0,11±8,90	<0,001	<0,001	<0,001	0,959
	после лечения	21,24±5,51	4,00 ±15,79	5,50±8,80	<0,001	<0,001	<0,001	0,907
Изменение гибкости		3,71±5,75	5,09 ±5,94	5,61±6,58	0,590	0,820	0,572	0,971

По результатам непараметрического анализа Краскела–Уоллиса отмечены значимые различия между группами ( $N = 9,366$ ;  $p = 0,007$ ) в изменении угла Кобба в ходе лечения. Апостериорный анализ с использованием критерия Манна–Уитни и поправкой Бонферрони выявил статистически значимое различие по изменению угла Кобба между группами 1 и 3 ( $p < 0,0167$ ). Различия между группами 2 и 3, а также между группами 1 и 2 не дос-

тигли статистической значимости после поправки ( $p > 0,0167$ ) (табл. 4).

Кроме того, обнаружены различия между группами в доле прогрессирующих случаев. Прогрессия более  $5^\circ$  наблюдалась только в одном (3,1%) случае у спортсменов — отмечена прогрессия  $18^\circ$  (с  $44$  до  $62^\circ$ ), и в 6 (27,3%) случаях — не у спортсменов. Разница оказалась статистически значимой ( $p = 0,014$ ).

Таблица 4

**Сравнение групп по величине изменения угла Кобба в ходе лечения  
(апостериорный анализ Манна – Уитни с поправкой Бонферрони)**

Сравнение	U	Z	p (неиспр.)	p (Бонферрони)	r (эффект)
Группа 1 vs группа 3	370	3,38	< 0,001	0,0023	0,52 (средний — крупный)
Группа 2 vs группа 3	164	1,64	0,105	0,314	0,29 (малый — средний)
Группа 1 vs группа 2	109	-0,26	0,812	1,000	0,05 (пренебр.)

## ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты проведенного исследования продемонстрировали, что вид спортивной активности оказывает влияние на эффективность консервативной терапии ЮИС. На фоне единого протокола PSSE (BSPTS Rigo) и при необходимости корсетотерапии у спортсменов художественной гимнастики фиксировались выраженное снижение показателя АТІ и большая коррекция угла Кобба по сравнению с пациентами, не занимающимися регулярно спортом. У пловцов статистически значимого уменьшения угла Кобба не отмечено, но конечные значения грудного кифоза были выше, чем у гимнастов. Доли прогрессий более 5° оказались ниже у спортсменов в целом. Эти результаты согласуются с современными концепциями консервативного лечения сколиоза и показывают, что биомеханический профиль тренировок (асимметрично-координационный в художественной гимнастике против преимущественно симметричного циклического в плавании) может по-разному взаимодействовать с механизмами PSSE и ортезирования [18, 20, 23].

Наши наблюдения согласуются с современными представлениями о пользе ранних персонализированных, специфических к сколиозу упражнений (PSSE) [19, 20]. Согласно данным литературы, у подростков с искривлением менее 25° PSSE способны стабилизировать или уменьшать деформацию, а использование корсетов в комбинации с PSSE эффективно при более тяжелых деформациях [11, 12, 13]. Более выраженная положительная динамика у спортсменов, занимающихся художественной гимнастикой, вероятно, связана с лучшими постуральным контролем и координацией туловища, что обусловлено спецификой данного вида спорта. Симметричный характер нагрузок в плавании в меньшей степени влияет на трехмерные, включая ротационно-торсионные, компоненты деформации, что может объяснять менее выраженную фронтальную коррекцию при сопоставимом протоколе PSSE.

Наши данные согласуются с наблюдениями G. Bielec с соавторами, показавших, что стандартные школьные уроки плавания (45 мин. в неделю в течение 2 лет; ~600 м за занятие) практически не

влияют на большинство дефектов осанки у подростков и лишь в большей степени ассоциируются с регрессом сколиоза по сравнению с контролем при отсутствии значимых сдвигов по росту и ИМТ. Авторы подчеркивают необходимость применения персонализированной программы тренировок вместо «общего» плавания. В нашем исследовании при едином протоколе (PSSE (BSPTS Rigo) ± корсетотерапия) художественная гимнастика ассоциировалась с большей фронтальной коррекцией (меньший конечный угол Кобба и большее его снижение; более выраженная редукция АТІ) относительно отсутствия спорта, тогда как у пловцов уменьшение угла Кобба не достигло значимости, а конечные значения грудного кифоза оказались выше, чем у гимнастов. Эти различия поддерживают тезис G. Bielec с соавторами о том, что симметричная циклическая нагрузка в воде сама по себе не заменяет персонализированную программу, направленную на трехмерную коррекцию, и при неправильной технике (например, одностороннее дыхание в кроле) может способствовать развитию асимметрии. Следовательно, для спортсменов-пловцов PSSE следует дополнять целевыми водными модулями с модификацией гребков и дыхательных паттернов под контролем физиотерапевта [18].

## Ограничения

Ограничениями исследования являются ретроспективный дизайн, неравновесная численность групп (особенно пловцов), неполный контроль дозы и комплаентности спортивной нагрузки и PSSE/корсетотерапии, а также использование инклинометрии/сколиометра для части метрик вместо бипланарной 3D-оценки. Тем не менее единый протокол лечения и сопоставимость исходных рентгенологических показателей повышают внутреннюю валидность.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При применении специфических упражнений при сколиозе по концепции PSSE (BSPTS Rigo) в сочетании с рациональной корсетотерапией достигается сопоставимая клиническая эффективность независимо от практикуемого вида спорта. Сравнение художественной гимнастики и плава-

ния показало сходные результаты по ключевым показателям коррекции при соблюдении протокола PSSE; возможные различия касаются лишь вторичных параметров и не меняют общей тенденции.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

### Заявленный вклад авторов

Семенистая М.Ч. — сбор, анализ и интерпретация данных, поиск литературы, написание текста рукописи.

Чонгов Б. — концепция и дизайн исследования, сбор, анализ и интерпретация данных, редактирование текста рукописи.

Семенистый А.А. — концепция и дизайн исследования, анализ данных, статистическая обработка данных, редактирование текста рукописи.

Все авторы прочли и одобрили финальную версию рукописи статьи. Все авторы согласны нести ответственность за все аспекты работы, чтобы обеспечить надлежащее рассмотрение и решение всех возможных вопросов, связанных с корректностью и надежностью любой части работы.

**Источник финансирования.** Программа поддержки молодых ученых, Медицинский университет Софии.

**Возможный конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

**Этическая экспертиза.** Протокол исследования был одобрен локальным этическим комитетом Университетской специализированной ортопедической больницы им. проф. Б. Бойчева (протокол № ЕК-3/24 от 23 марта 2024 г.).

**Информированное согласие на публикацию.** Авторы получили письменное согласие законных представителей пациентов на участие в исследовании и публикацию результатов.

**Генеративный искусственный интеллект.** При создании статьи технологии генеративного искусственного интеллекта не использовали.

денции. Таким образом, необходимо индивидуализировать тренировочные нагрузки с учетом возраста, стадии роста и риска прогрессии, дополняя их дефект-ориентированными элементами PSSE.

## DISCLAIMERS

### Author contribution

Semenistaia M.Ch. — data acquisition, analysis and interpretation, literature search, drafting the manuscript.

Chongov B. — study concept and design, data acquisition, analysis and interpretation, editing the manuscript.

Semenistyy A.A. — study concept and design, data analysis, statistical data processing, editing the manuscript.

All authors have read and approved the final version of the manuscript of the article. All authors agree to bear responsibility for all aspects of the study to ensure proper consideration and resolution of all possible issues related to the correctness and reliability of any part of the work.

**Funding source.** Young Scientists Support Program, Medical University of Sofia.

**Disclosure competing interests.** The authors declare that they have no competing interests.

**Ethics approval.** The study was approved by the local ethics committee of Prof. B. Boychev University Hospital for Orthopaedic, protocol No ЕК-3/24, 23.03.2024.

**Consent for publication.** Written consent was obtained from the legal representatives of children to participate in the study and publish the results.

**Use of artificial intelligence.** No generative artificial intelligence technologies were used in the preparation of this manuscript.

## ЛИТЕРАТУРА [REFERENCES]

- Kuznia A.L., Hernandez A.K., Lee L.U. Adolescent Idiopathic Scoliosis: Common Questions and Answers. *Am Fam Physician*. 2020;101(1):19-23.
- Kikanloo S.R., Tarpada S.P., Cho W. Etiology of Adolescent Idiopathic Scoliosis: A Literature Review. *Asian Spine J*. 2019;13(3):519-526. doi: 10.31616/asj.2018.0096.
- Mousavi L., Seidi F., Minoonejad H., Nikouei F. Prevalence of idiopathic scoliosis in athletes: a systematic review and meta-analysis. *BMJ Open Sport Exerc Med*. 2022;8(3):e001312. doi: 10.1136/bmjsem-2022-001312.
- Scaturro D., Costantino C., Terrana P., Vitagliani F., Falco V., Cuntrera D. et al. Risk Factors, Lifestyle and Prevention among Adolescents with Idiopathic Juvenile Scoliosis: A Cross Sectional Study in Eleven First-Grade Secondary Schools of Palermo Province, Italy. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(23):12335. doi: 10.3390/ijerph182312335.
- Negrini S., Donzelli S., Aulisa A.G., Czaprowski D., Schreiber S., de Mauroy J.C. et al. 2016 SOSORT guidelines: Orthopedic and rehabilitation treatment of idiopathic scoliosis during growth. *Scoliosis Spinal Disord*. 2018;13:3. doi: 10.1186/s13013-017-0145-8.
- Губская К.Д., Лунина Н.В. Факторы риска развития и прогрессирования сколиоза у спортсменок в художественной гимнастике в подростковом возрасте: обзор литературы. *Российский журнал спортивной науки: медицина, физиология, тренировка*. 2022;3(3). doi: 10.51871/2782-6570\_2022\_01\_03\_4.
- Gubskaya K.D., Lunina N.V. Risk factors for the development and progression of scoliosis in adolescent athletes in rhythmic gymnastics: a literature review. *Russian Journal of Sports Science: Medicine, Physiology, Training*. 2022;3(3). (In Russian). doi: 10.51871/2782-6570\_2022\_01\_03\_4.
- Tanchev P., Dikov D., Dzherov A., Parushev A., Zaharieva L., Todorov N. et al. School screening for scoliosis in Sofia: An analysis of screening results of 4800 students. *Ortop Trauma*. 1996;33(2):69-73.
- Tanchev P.I., Dzherov A.D., Parushev A.D., Dikov D.M., Todorov M.B. Scoliosis in rhythmic gymnasts. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2000;25(11):1367-1372. doi: 10.1097/00007632-200006010-00008.



9. Gonen Aydin C., Oner A., Hekim H.H., Arslan A.S., Oztas D., Akman Y.E. The prevalence of scoliosis in adolescent swimmers and the effect of swimming on adolescent idiopathic scoliosis. *Turk J Sports Med.* 2020;55(3):200-206. doi: 10.5152/tjism.2020.176.
10. Zaina F., Donzelli S., Lusini M., Minnella S., Negrini S. Swimming and spinal deformities: a cross-sectional study. *J Pediatr.* 2015;166(1):163-167. doi: 10.1016/j.jpeds.2014.09.024.
11. Цыкунов М.Б. Медицинская реабилитация при сколиотических деформациях. *Вестник восстановительной медицины.* 2018;17(4):75-91.  
Tsykunov M.B. Medical rehabilitation with scoliotic deformations. *Bulletin of Rehabilitation Medicine.* 2018;17(4):75-91. (In Russian).
12. Шавырин И.А., Левков В.Ю., Лобов А.Н. Применение корригирующих корсетов типа Шено при лечении идиопатического сколиоза у детей и подростков. *Российский медицинский журнал.* 2020;26(1):10-15. doi: 10.18821/0869-2106-2020-26-1-10-15.  
Shavyrin I.A., Levkov V.Yu., Lobov A.N. The use of corrective chenot corset in the treatment of idiopathic scoliosis in children and adolescents. *Russian Medicine.* 2020;26(1):10-15. (In Russian). doi: 10.18821/0869-2106-2020-26-1-10-15.
13. Николаев В.Ф., Барановская И.А., Андриевская А.О. Использование функционально-корригирующего корсета в лечении больных идиопатическим сколиозом. *Гений ортопедии.* 2016;(1):44-47.  
Nikolaev V., Baranovskaia I., Andrievskaia A. Use of a functional correcting brace in treatment of patients with idiopathic scoliosis. *Genij Ortopedii.* 2016;(1):44-47. (In Russian). doi: 10.18019/1028-4427-2016-1-44-47.
14. Seleviciene V., Cesnaviciute A., Strukcinskiene B., Marcinowicz L., Strazdiene N., Genowska A. Physiotherapeutic Scoliosis-Specific Exercise Methodologies Used for Conservative Treatment of Adolescent Idiopathic Scoliosis, and Their Effectiveness: An Extended Literature Review of Current Research and Practice. *Int J Environ Res Public Health.* 2022;19(15):9240. doi: 10.3390/ijerph19159240.
15. Kaelin A.J. Adolescent idiopathic scoliosis: indications for bracing and conservative treatments. *Ann Transl Med.* 2020;8(2):28. doi: 10.21037/atm.2019.09.69.
16. Karavidas N., Tzatzaliaris D. Brace and Physiotherapeutic Scoliosis Specific Exercises (PSSE) for Adolescent Idiopathic Scoliosis (AIS) treatment: a prospective study following Scoliosis Research Society (SRS) criteria. *Arch Physiother.* 2022;12(1):22. doi: 10.1186/s40945-022-00150-5.
17. Negrini A., Donzelli S., Vanossi M., Poggio M., Cordani C., Zaina F. et al. Sports participation reduces the progression of idiopathic scoliosis and the need for bracing. An observational study of 511 adolescents with Risser 0-2 maturation stage. *Eur J Phys Rehabil Med.* 2023; 59(2):222-227. doi: 10.23736/S1973-9087.23.07489-0.
18. Bielec G., Peczak-Graczyk A., Waade B. Do swimming exercises induce anthropometric changes in adolescents? *Issues Compr Pediatr Nurs.* 2013;36(1-2):37-47. doi: 10.3109/01460862.2013.777818.
19. Muccio M., Atun-Einy O., Kafri M., Kaplan S.L. Bridging Motor Learning Principles with Physiotherapy Specific Scoliosis Exercises: a Perspective Article. *Phys Occup Ther Pediatr.* 2023;43(6):741-758. doi: 10.1080/01942638.2023.2186198.
20. Ayala F., Sainz de Baranda P., De Ste Croix M., Santonja F. Reproducibility and criterion-related validity of the sit and reach test and toe touch test for estimating hamstring flexibility in recreationally active young adults. *Phys Ther Sport.* 2012;13(4):219-226. doi: 10.1016/j.ptsp.2011.11.001.
21. Berdishevsky H., Lebel V.A., Bettany-Saltikov J., Rigo M., Lebel A., Hennes A. et al. Physiotherapy scoliosis-specific exercises – a comprehensive review of seven major schools. *Scoliosis Spinal Disord.* 2016;11:20. doi: 10.1186/s13013-016-0076-9.
22. Richards B.S., Bernstein R.M., D'Amato C.R., Thompson G.H. Standardization of criteria for adolescent idiopathic scoliosis brace studies: SRS Committee on Bracing and Nonoperative Management. *Spine (Phila Pa 1976).* 2005;30(18):2068-2075. doi: 10.1097/01.brs.0000178819.90239.d0.
23. Левков В.Ю., Панюков М.В., Андропова Л.Б., Лобов А.Н., Цой С.В., Левкова Т.В. и др. Осознанная коррекция сколиоза и нарушений осанки: научно-практическое руководство. Москва: Спорт; 2020. 144 с.  
Levkov V.Yu., Panyukov M.V., Andronova L.B., Lobov A.N., Tsoi S.V., Levkova T.V. et al. Conscious correction of scoliosis and posture disorders: scientific and practical guidance. Moscow: Sport; 2020. 144 p. (In Russian).

#### Сведения об авторах

✉ Семенистый Антон Алексеевич — канд. мед. наук  
Адрес: Болгария, 1431, г. София, бул. Акад. Иван Гешов, д. 15

<https://orcid.org/0000-0002-5412-6202>

eLibrary SPIN: 9574-7495

e-mail: an.semenistyy@gmail.com

Семенистая Марианна Чавдаровна

<https://orcid.org/0000-0002-1724-4760>

eLibrary SPIN: 9357-3700

e-mail: marianna.semenistaia@yahoo.com

Чонгов Борислав — канд. мед. наук

<https://orcid.org/0000-0002-4857-8624>

e-mail: borislav.chongov@nsa.bg

#### Authors' information

✉ Anton A. Semenistyy — Cand. Sci. (Med.)

Address: 15, Boulevard Acad. Ivan Geshov, Sofia, 1431, Bulgaria

<https://orcid.org/0000-0002-5412-6202>

eLibrary SPIN: 9574-7495

e-mail: an.semenistyy@gmail.com

Marianna Ch. Semenistaia

<https://orcid.org/0000-0002-1724-4760>

eLibrary SPIN: 9357-3700

e-mail: marianna.semenistaia@yahoo.com

Borislav Chongov — Cand. Sci. (Med.)

<https://orcid.org/0000-0002-4857-8624>

e-mail: borislav.chongov@nsa.bg