

УДК 378

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПОДГОТОВКИ ПЛОВЦОВ ВЫСОКОЙ КВАЛИФИКАЦИИ ПОСРЕДСТВОМ БИОМЕХАНИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ

А.А.И. Свейдан (Красноярск, Россия)

Аннотация

Постановка проблемы. Ситуация, сложившаяся на сегодняшний день в спортивной деятельности, характеризуется ростом конкуренции на мировой спортивной арене, что определяет необходимость поиска новых подходов к решению актуальных задач в планировании и организации тренировочного процесса. Выявленное в ходе теоретического анализа противоречие между необходимостью применения передовых спортивных практик, используемых в области биомеханических технологий, и недостаточностью научно-методического обеспечения тренировочного процесса, обуславливает возникновение исследовательской проблемы.

Цель статьи состоит в определении комплекса биомеханических технологий, использование которых в тренировочном процессе пловцов способствует достижению высоких спортивных результатов.

Методология исследования. Достижению цели способствовало применение комплекса адекватных ей методов: теоретический анализ и обобщение литературы, анализ интернет-ресурсов, педагогическое наблюдение, педагогический эксперимент, методы математической статистики.

Результаты исследования обеспечены логикой организации, оптимальным соответствием методов, выборкой участников экспериментальной части исследования. Результатом исследовательской деятельности, в которой автор принимал непосредственное участие, можно считать получение обобщенных сведений о направлениях применения биомеханических технологий в плавании, изучение некоторых аспектов использования биомеханических эргогенных средств в системе подготовки пловцов, установлении резервов роста достижений спортсменов водных видов спорта, выявлении зависимости спортивных результатов от оперативной реакции на появление новых технологий в сфере организационного, материально-технического, научно-методического обеспечения подготовки.

Заключение. Представленные в статье результаты позволяют существенно расширить диапазон применяемых средств в практике спортивной подготовки квалифицированных пловцов и увеличить вероятность достижения высоких спортивных результатов на мировой соревновательной арене.

Ключевые слова: плавание, квалифицированные пловцы, спортивная подготовка, оптимизация, биомеханические приложения, тренировочный процесс, система упражнений.

Свейдан Аус Акрам Исса – соискатель кафедры теоретических основ физического воспитания института физической культуры, спорта и здоровья им. И.С. Ярыгина, КГПУ им. В.П. Астафьева; e-mail: awssweidan90@gmail.com

Постановка проблемы. На общем фоне средств, традиционно используемых для интенсификации и повышения уровня подготовки спортсменов в водных видах спорта [Аришин, Погребной, 2021; Бойко, 2017; Виноградов, 2020; Bhatti et al., 2020; Kartal, 2020; Kozin et al., 2020; 2021], выгодно выделяются потенциальные возможности биомеханических технологий, вооруженных самыми современными компьютерными программами, специальными

биомеханическими эргогенными средствами, основанными не только на знаниях фундаментальных законов физики, математики, биомеханики, но и на знаниях современных технологий спортивной тренировки [Космина и др., 2021; Платонов и др., 2019; Mahanthesh et al., 2021; Quagliarotti et al., 2021]. Текущая ситуация, сложившаяся на сегодняшний день в спортивной деятельности, характеризуется ростом конкуренции на мировой спортивной арене, что опре-

деляет необходимость поиска новых подходов к решению актуальных задач в планировании и организации тренировочного процесса. Выявленное в ходе теоретического анализа противоречие между необходимостью применения передовых спортивных практик, используемых в области биомеханических технологий, и недостаточностью научно-методического обеспечения тренировочного процесса, обуславливает возникновение исследовательской проблемы.

Цель статьи состоит в определении комплекса биомеханических технологий, использование которых в тренировочном процессе пловцов способствует достижению высоких спортивных результатов.

Методология исследования основана на теоретическом анализе и обобщении литературы, анализе интернет-ресурсов, педагогических наблюдений, педагогическом эксперименте, методах математической статистики. Повышение результативности спортсменов допускает одновременное использование знаний о силах гравитации, инерции, законов сопротивления внешней среды, учета биомеханических закономерностей двигательной системы человека и технико-тактических особенностей соревновательной и тренировочной деятельности [Кашуба, Литвиненко, 2018, с. 98]. Традиционные методы анализа производительности в сложной водной среде требуют инструментов, где, как правило, видеоанализ должен подвергаться последующей обработке для получения желаемой кинематики. В некоторых случаях, когда используется лабораторная среда [Lee et al., 2008, p. 569], может проводиться тщательное тестирование физиологических данных. Однако лабораторные испытания обязательно ограничивают возможности квалифицированных пловцов, так как окружающая среда значительно отличается от условий обучения.

Кроме того, можно считать, что лабораторное тестирование еще больше отдалается от учебной среды, когда водные виды спорта и физические упражнения оцениваются. В то время как видеоэффекты могут показывать общее кинематическое сходство плавания между имитацией и плаванием в воде, данные по инерционным

датчикам показали измеримые различия [Lee et al., 2011, p. 149], которые указываются для фактической оценки в воде. Дальнейшие эксплуатационные характеристики дополняются во время соревнований в отличие от регулярного обучения [Аришин, Погребной, 2020; Максименко, 2017; Aras et al., 2018; Çetinkaya et al., 2021]. Благодаря лучшему пониманию эффективности спортсмена в конкурентной среде, тренеры могут более продуктивно работать со спортсменами, чтобы улучшить их работу [Арьков и др., 2020; Maraj et al., 2021; Barbosa et al., 2021].

Идея мониторинга биомеханики квалифицированных пловцов в естественной среде обучения является относительно новой областью развития, чему способствовали достижения в области датчиков и микроэлектроники [Тельмина и др., 2019]. Использование и применение акселерометров для измерения уровней активности в спорте, анализ состояния здоровья и походки [Mo-Nilssen, Helbostad, 2004, с. 123] становится популярным методом биомеханического квантования деятельности в области физической активности [Маркова и др., 2022, с. 232].

Результаты исследования. Для решения проблемы совершенствования системы подготовки атлетов высокой квалификации с использованием эффективных биомеханических технологий А.М. Лапутин [Лапутин, 1999, с. 3] выделил следующие основные задачи:

- идентифицировать биомеханическую структуру соревновательной деятельности в каждом конкретном виде спорта;
- определить ведущие двигательные задачи, стоящие перед атлетами;
- разработать биомеханические модели лучших образцов техники двигательных действий;
- создать методологию освоения этих моделей, основанную на технологии дидактической биомеханики и психомоторике, адекватную двигательным задачам каждого вида спорта и специальным навыкам атлетов;
- обеспечить систему объективного педагогического контроля процесса технической подготовки и оценки уровня технического мастерства спортсменов;

– подобрать спортсменам такие технические и тренажерные средства, форму и инвентарь, которые соответствуют требованиям эргономической биомеханики.

Биомеханика движений во время выполнения упражнений с помощью гребной машины сравнивалась с биомеханикой движений во время выполнения гребных движений при плавании кролем на груди в водной среде.

Все данные брались из видеозаписи, сделанной на видеокамеру SJ 4000. Далее видео-

ролик был откадрирован. Автором диссертационной работы были установлены углы, создаваемые между рукой и телом во время движения. На практике были проанализированы углы, создаваемые между рукой и телом во время выполнения двигательных движений при использовании гребной машины. Более детально были рассмотрены углы между телом и плечом, так как исследуемые в диссертационной работе мышцы в большинстве расположены именно в этой области.

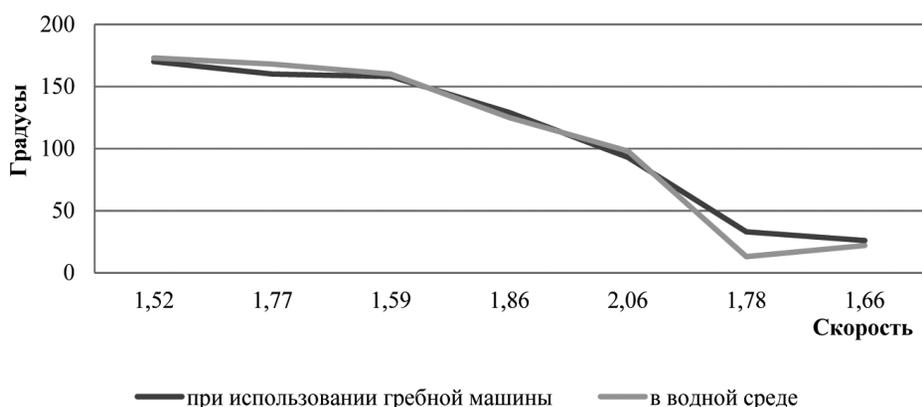


Рис. 1. Сравнение углов, создаваемых между телом и плечом, при использовании гребной машины и в условиях водной среды

Fig. 1. Comparison of angles created between a body and a shoulder when using a rowing machine and in an aquatic environment

Исходя из рис. 1, можно сделать вывод, что характер изменения угла между плечом и телом аналогичен движениям с использованием гребной машины и при плавании кролем на груди. Можно заметить, что при плавании кролем на

груди угол в конце двигательного действия меньше, нежели при использовании гребной машины (13 и 33° соответственно). Это может быть связано с новизной использования устройства для спортсмена и новых ощущений вне водной среды.

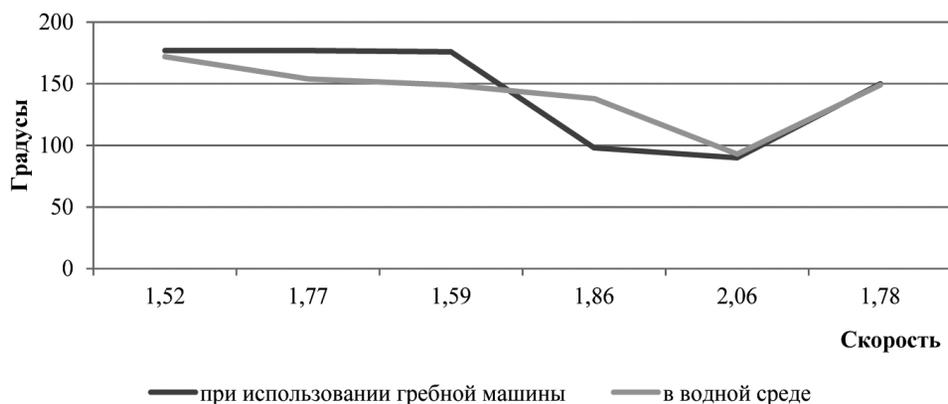


Рис. 2. Сравнение углов, создаваемых между плечом и предплечьем, при использовании гребной машины и в условиях водной среды

Fig. 2. Comparison of the angles created between a shoulder and a forearm when using a rowing machine and in an aquatic environment

Исходя из рис. 2, можно сделать вывод, что угол между плечом и предплечьем в зависимости от среды не сходится в середине гребного движения, что связано со спецификой конструкции греб-

ного тренажера и расположением крепления для рук. Однако это не мешает спортсмену осуществлять аналогичную для водной среды скорость и задействовать необходимые группы мышц.

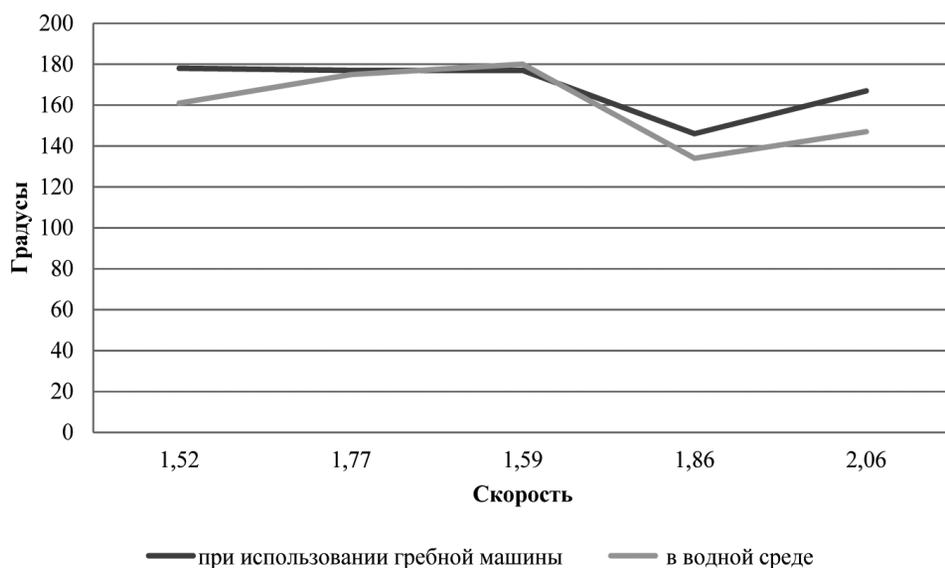


Рис. 3. Сравнение углов, создаваемых между предплечьем и запястьем, при использовании гребной машины и в условиях водной среды
Fig. 3. Comparison of the angles created between a forearm and a wrist when using a rowing machine and in an aquatic environment

Исходя из рис. 3, можно сделать вывод, что биомеханика движений при использовании гребного тренажера аналогична таковой в водной среде. Исследования данного раздела показали, что разработанная гребная машина соответствует физиологической биомеханике движения рук во время плавания, а значит, может быть внедрена в тренировочный процесс спортсменов.

Перед началом эксперимента спортсменам была проведена электромиография (ЭМГ). Данные ЭМГ обрабатывались сначала исключением любого смещения нуля, а затем полновольтным выпрямлением данных. Рассчитывались средние и среднеквадратичные данные ЭМГ. Перед началом внедрения эксперимента все участники прошли ЭМГ-тест.

Диапазон от 0 до 100 % на горизонтальной оси графика соответствует одному циклу движения, график фиксирует в общей сложности два средних цикла движения. Один цикл движения – это растяжка между вертикальными линиями.

Это периодическое движение, а значит, можно на горизонтальной оси также зафиксировать конец предыдущего (от -50 до 0 %) и начало следующего (от 100 до 150 %) цикла для лучшего понимания. Исследование показывает, что спустя 8 недель движения спортсменов экспериментальной группы были более долгими и широкими при повышении мышечной активности. После окончания эксперимента также повторно замерялись показатели динамометрией.

Проведя анализ таблицы, мы установили, что показатели динамометрии выросли у обеих групп. Однако немного отстававшая ЭГ в начале опыта спустя 8 недель показала более высокий результат. Процентное увеличение среднего значения показателей динамометрии составило 2,55, 2,62 и 2,29 % у ЭГ₁, ЭГ₂ и КГ соответственно.

На окончательном этапе спортсменам было предложено совершить повторный заплыв на скорость на 400 метров в 25-метровом бассейне. Были получены результаты, представленные в табл. 2.

Таблица 1

**Динамометрия спортсменов после окончания эксперимента.
Сравнение показателей до и после эксперимента**

Table 1

**Dynamometry of athletes after the end of the experiment.
Comparison of indicators before and after the experiment**

№ участника	ЭГ ₁	ЭГ ₂	КГ
1	243	237	234
2	237	239	240
3	238	246	247
4	246	246	245
5	254	252	255
Среднее значение	243,6	244	244,2

Таблица 2

**Результаты скоростного заплыва на 400 метров в 25-метровом бассейне
после окончания эксперимента (в мин)**

Table 2

Results of a 400-meter high-speed swim in a 25-meter pool after the end of the experiment (minutes)

№ участника	ЭГ ₁	ЭГ ₂	КГ
1	4:08,75	4:07,85	4:05,95
2	4:09,55	4:04,25	4:03,5
3	4:06,4	4:05,25	4:9,9
4	4:08	4:08,55	4:07,75
5	4:03	4:05,5	4:07,1
Среднее значение	4:07,14	4:6,28	4:06,84

Сравнив результаты заплыва до и после эксперимента, можно увидеть, что все 3 группы спортсменов сделали прогресс в результатах, однако в ЭГ₁ он составил 1,9; в ЭГ₂ – 2,07, а в КГ – 1,51.

Заключение. В заключение отметим, что закрепление этих изменений в устойчивом до определенных пределов двигательном навыке облегчается, если требуемые режимы движений воспроизводить в специально созданных искусственных условиях. Необходимость комплексов по созданию внешних условий не только выдвигает на первый план научно-методическую проблему управления двигательными действиями через выбор определяющих их причин, но и подчеркивает ведущую роль факторов внешней среды, приобретающих при умелом планировании управляющие функции в учебно-тренировочном процессе. В качестве результата исследовательской деятельности, в которой

автор принимал непосредственное участие, можно считать получение обобщенных сведений о направлениях применения биомеханических технологий в плавании, изучение некоторых аспектов использования биомеханических эргогенных средств в системе подготовки пловцов, установлении резервов роста достижений спортсменов водных видов спорта, выявлении зависимости спортивных результатов от оперативной реакции на появление новых технологий в сфере организационного, материально-технического, научно-методического обеспечения подготовки. Представленные в статье результаты позволяют существенно расширить диапазон применяемых средств в практике спортивной подготовки квалифицированных пловцов и увеличить вероятность достижения высоких спортивных результатов на мировой соревновательной арене.

Библиографический список

1. Аришин А.В., Погребной А.И. Интеграция средств физической и технической подготовки пловцов в тренировочном макроцикле в контексте онтокинезиологической методологии // Интеграция социогуманитарного и естественнонаучного знания в контексте онтокинезиологической методологии спортивной науки: матер. науч. симпозиума, посвященного памяти В.К. Бальсевича. М., 2021. С. 189–193. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46492993>
2. Аришин А.В., Ахметов С.М., Погребной А.И. Сопряженное использование средств физической и технической подготовки пловцов высокой квалификации в базовом мезоцикле // Теория и практика физической культуры. 2020. № 12. С. 92–94. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44319287>
3. Арьков В.В., Сичинава Н.В., Бадтиева В.А. Нарушения биомеханики опорно-двигательного аппарата у спортсменов // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. 2020. Т. 97. № 6-2. С. 18.
4. Бойко Е.С. Исследование возможностей интенсификации процесса подготовки высококвалифицированных метателей с использованием специальных технических средств. М.: Физкультура и спорт, 2017. 132 с. URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01007769147>
5. Виноградов Е.О. Методика коррекции техники плавания кролистов высокой квалификации на основе связанной оценки биомеханических характеристик плавательного цикла: дис. ... канд. пед. наук: 13.00.04. СПб., 2020. 162 с. URL: <http://www.dslib.net/fiz-vospitanie/metodika-korrekcii-tehniki-plavanija-krolistov-vysokoj-kvalifikacii-na-osnove.html>
6. Кашуба В.А., Литвиненко Ю.В. Биомеханический анализ техники двигательных действий спортсменов различной квалификации, специализирующихся в шорт-треке // Наука в олимпийском спорте. 2018. № 1. С. 94–101. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=20165585>
7. Косьмина Е.А., Кичайкина Н.Б., Чукин Б.Ю. Обзор цифровых технологий в области физической культуры и спорта // Цифровая трансформация отрасли «Физическая культура и спорт»: теория, практика, подготовка кадров: матер. Межрег. круглого стола. М., 2021. С. 49–54.
8. Лапутин А.М. Гравитационная тренировка. Киев: Знания, 1999.
9. Максименко Г.Н. Теоретико-методические основы подготовки юных легкоатлетов. Луганск: Альма-матер, 2017. 394 с.
10. Маркова О.А., Величко Т.И., Цыганенко О.С. Положительное влияние билатерального дыхания на технику плавания // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. 2022. № 1 (203). С. 228–233.
11. Платонов В.Н., Лапутин А., Кашуба В. Биомеханические эргогенные средства в современном спорте // Наука в олимпийском спорте. 2019. № 2. С. 96–100.
12. Тельминова Е.В., Алексеева А.С., Ломтатидзе О.В. Психомоторные показатели деятельности нервной системы как предиктор развития состояния утомления у спортсменов // Acta Naturae (русскаяязычная версия). 2019. Т. 11, № 2. С. 173.
13. Aras D., Gül S., Akça F., Güllü M., Özkan G., Bildircin C., Arslan E., Çetinkaya G. Effects of four-week fingerboard local electromyostimulation training on wrist strength and endurance // The 9th International Mountain and Outdoor Sport. 2018. 24 (3). P. 127–34. URL: https://www.researchgate.net/publication/329530406_Effects_of_four-week_fingerboard_local_electromyostimulation_training_on_wrist_strength_and_endurance
14. Barbosa T.M., Barbosa A.C., Escobar D.S., Mullen G.J., Cossor J.M., Hodierna R., Arellano R., Mason B.R. The role of the biomechanics analyst in swimming training and competition analysis // Sports Biomechanics. 2021. Is. 34 (11). P. 997–1005. DOI: 10.1080/14763141.2021.1960417
15. Bhatti M.M., Marin M., Zeethaan A., Ellahi R., Abdelsalam S.I. Swimming of motile gyrotactic microorganisms and nanoparticles in blood flow through anisotropically tapered arteries // Frontiers in Physics. 2020. Is. 8. P. 95. DOI: 10.3389/fphy.2020.00095

16. Çetinkaya G., Güngör A., Aras D. Impact of the “Chalk” on perceived visual quality and the willingness to climb: a research on sports climbing // *Pedagogy Phys. Cult. Sports*. 2021. Is. 25 (1). P. 15–3. DOI: 10.15561/26649837.2021.0103
17. Kartal A. The relationships between dynamic balance and sprint, flexibility, strength, jump in junior soccer players // *Pedagogy Phys. Cult. Sports*. 2020. Is. 24 (6). P. 285–289. DOI: 10.1519/JSC.0b013e318291b8c7
18. Kozin S.V., Cretu M.M, Kozina Zh. L. Application of closed kinematic chain exercises with eccentric and strength exercises for the shoulder injuries prevention in student rock climbers: a randomized controlled trial // *Acta of Bioengineering and Biomechanics / Wroclaw University of Technology*. 2021. Is. 23 (2). DOI: 10.37190/abb-01828-2021-01
19. Kozin S.V. Biomechanical technology of injury prevention in the training of specialists in physical education and sports // *Health Sport Rehabilitation*. 2021. Is. 7 (1). P. 65–76. DOI: 10.34142/HSR.2021.07.02.06
20. Kozin S.V., Safronov D.V., Kozina Z.L., Kniaz H.O., Proskurnia O., Prontenko K., Lahno O., Goncharenko V., Kholodniy A. Comparative biomechanical characteristics of one-arm hang in climbing for beginners and qualified athletes // *Acta Bioeng. Biomech*. 2020. Is. 22 (1). P. 57–67. DOI: 10.37190/ABB-01440-2019-03
21. Lee J., Burkett B., Thiel D., James D.A. Inertial sensor, 3D and 2D assessment of stroke phases in free-style swimming // *Procedia Engineering*. 2011. No. 13. P. 148–153.
22. Lee J., Mellifont R., Winstanley J., Burkett B. Body roll in simulated freestyle swimming // *International Journal of Sports Medicine*. 2008. Is. 29. P. 569–573.
23. Mahanthesh B., Mackolil J. Flow of nanoliquid past a vertical plate with novel quadratic thermal radiation and quadratic Boussinesq approximation: Sensitivity analysis // *Int. Commun. Heat Mass Transf.* 2021. Is. 120. P. 105040. DOI:10.1016/j.icheatmasstransfer.2020.105040
24. Mahanthesh B., Thriveni K., Lorenzini G. Significance of nonlinear Boussinesq approximation and non-uniform heat source/sink on nanoliquid flow with convective heat condition: sensitivity analysis // *Eur. Phys. J. Plus*. 2021. Is. 136. P. 418. URL: <https://link.springer.com/article/10.1140/epjp/s13360-021-01416-w>
25. Maraj E.N., Iqbal Z., Mehmood R., Batool M., Ijaz Sh. Biomechanics of Swimming Microbes in Atherosclerotic Region with Infusion of Nanoparticles // *Arabian Journal for Science and Engineering*. 2021. P. 1022–1045. DOI: 10.1007/s13369-021-06241-y
26. Mo-Nilssen R., Helbostad J.L. Estimation of gait cycle characteristics by trunk accelerometry // *Journal of Biomechanics*. 2004. Is. 37 (1). P. 121–126.
27. Quagliarotti C., Cortesi M., Martina P., Fantozzi S. Swimming with a Wetsuit Mitigates the Increase in Fatigue and Reduces Drag (Trunk Incline) in Well Trained Triathletes. In: 26 European College of Sport Science Congress. 2021. Is. 120. P. 41–66. URL: https://www.researchgate.net/publication/354543674_Swimming_with_a_Wetsuit_Mitigates_the_Increase_in_Fatigue_and_Reduces_Drag_Trunk_Incline_in_Well_Trained_Triathletes

DOI: <https://doi.org/10.25146/1995-0861-2022-60-2-336>

IMPROVEMENT OF TRAINING ELITE SWIMMERS BY MEANS OF BIOMECHANICAL TECHNOLOGIES

A.A.I. Sweidan (Krasnoyarsk, Russia)

Abstract

Statement of the problem. The current situation in sports activity is characterized by an increase in competition on the world sports arena, which determines the need to find new approaches to solve urgent tasks in the planning and organization of the training process. The contradiction revealed during the theoretical analysis between the need to apply advanced sports practices used in the field of biomechanical technologies and the insufficiency of scientific and methodological support for the training process proves the high relevance of the research problem.

The purpose of the article is to determine the complex of biomechanical technologies, the use of which in the training process of swimmers contributes to the achievement of high sports results.

The achievement of the goal was facilitated by the use of a set of *methods* adequate to it: theoretical analysis and generalization of literature, analysis of Internet resources, pedagogical observation, pedagogical experiment, methods of mathematical statistics.

The results of the study are provided by the logic of the study, the optimal correspondence of methods, and a sample of participants in the experimental part of the study. As a result of research activity, in obtaining which the author was directly involved, it is possible to consider the receipt of generalized information about the directions of application of biomechanical technologies in swimming, the study of some aspects of the use of biomechanical ergogenic means in the system of training swimmers, the establishment of reserves for the growth of achievements of athletes in water sports, the identification of the dependence of sports results on the operational response to the emergence of new technologies in in the sphere of organizational, logistical, scientific and methodological support of training.

Conclusion. The results presented in the article allow us to significantly expand the range of means used in the practice of sports training of qualified swimmers and increase the likelihood of achieving high sports results in the world competitive arena.

Keywords: *swimming, qualified swimmers, sports training, optimization, biomechanical applications, training process, exercise system.*

Sweidan Aws Akram Issa – PhD Candidate, Department of Theoretical Foundations of Physical Education, Institute of Physical Culture, Sports and Health named after I.S. Yarygin, KSPU named after V.P. Astafyev (Krasnoyarsk, Russia); e-mail: awssweidan90@gmail.com

References

1. Arishin A.V., Pogrebnoy A.I. Integration of means of physical and technical training of swimmers in the training macrocycle in the context of onthokinesiological methodology. In: Proceedings of the Scientific symposium dedicated to the memory of V.K. Balsevich "Integration of socio-humanitarian and natural science knowledge in the context of onthokinesiological methodology of sports science. Moscow, 2021. P. 189–193. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46492993>
2. Arishin A.V., Akhmetov S.M., Pogrebnoy A.I. Conjugate use of means of physical and technical training of highly qualified swimmers in the basic mesocycle // *Teoriya i praktika fizicheskoy kultury* (Theory and Practice of Physical Culture). 2020. No. 12. P. 92–94. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44319287>
3. Arkov V.V., Sichinava N.V., Badtieva V.A. Violations of biomechanics of the musculoskeletal system in athletes // *Voprosy kurortologii, fizioterapii i lechebnoy fizicheskoy kultury* (Questions of Balneology, Physiotherapy and Therapeutic Physical Culture). 2020. Vol. 97, No. 6-2. P. 18.
4. Boyko E.S. Investigation of the possibilities for intensifying the process of training highly qualified throwers using special technical means. Moscow: Fizkultura i sport, 2017. 132 p. URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01007769147>

5. Vinogradov E.O. Method of correction of swimming technique for highly qualified crawlists based on the associated assessment of biomechanical characteristics of the swimming cycle: PhD Thesis in Pedagogy: 13.00.04. St. Petersburg, 2020. 162 p. URL: <http://www.dslib.net/fiz-vospitanie/metodika-korrekcii-tehniki-plavanija-krolistov-vysokoj-kvalifikacii-na-osnove.html>
6. Kashuba V.A., Litvinenko Yu.V. Biomechanical analysis of the technique of motor actions in athletes of various qualifications specializing in short track // *Nauka v olimpiyskom sporte (Science in Olympic Sports)*. 2018. No. 1. P. 94–101. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=20165585>
7. Kosmina E.A., Kichaykina N.B., Chukin B.Yu. Review of digital technologies in the field of physical culture and sports. In: Proceedings of the Interregional round table “Digital transformation of the branch “Physical culture and sport”: theory, practice, training”. Moscow, 2021. P. 49–54.
8. Laputin A.M. Gravity training. Kyiv: Znania, 1999. P. 3.
9. Maksimenko G.N. Theoretical and methodological foundations of training young athletes. Lugansk: Alma mater, 2017. 394 p.
10. Markova O.A., Velichko T.I., Tsyganenko O.S. Positive influence of bilateral breathing on swimming technique // *Uchenye zapiski universiteta im. P.F. Lesgafta (Scientific Notes of the P.F. Lesgaft University)*. 2022. No. 1 (203). P. 228–233.
11. Platonov V.N., Laputin A., Kashuba V. Biomechanical ergogenic means in modern sports // *Nauka v olimpiyskom sporte (Science in Olympic Sports)*. 2019. No. 2. P. 96–100.
12. Telminova E.V., Alekseeva A.S., Lomtatidze O.V. Psychomotor indicators of nervous system activity as a predictor of the development of fatigue in athletes // *Acta Naturae (Russian version)*. 2019. Vol. 11, No. 2. P. 173.
13. Aras D., Gül S., Akça F., Güllü M., Özkan G., Bildircin C., Arslan E., Çetinkaya G. Effects of four-week fingerboard local electromyostimulation training on wrist strength and endurance // *The 9th International Mountain and Outdoor Sport*. 2018. 24 (3). P. 127–34. URL: https://www.researchgate.net/publication/329530406_Effects_of_four-week_fingerboard_local_electromyostimulation_training_on_wrist_strength_and_endurance
14. Barbosa T.M., Barbosa A.C., Escobar D.S., Mullen G.J., Cossor J.M., Hodierne R., Arellano R., Mason B.R. The role of the biomechanics analyst in swimming training and competition analysis // *Sports Biomechanics*. 2021. Is. 34 (11). P. 997–1005. DOI: 10.1080/14763141.2021.1960417
15. Bhatti M.M., Marin M., Zeehaan A., Ellahi R., Abdelsalam S.I. Swimming of motile gyrotactic microorganisms and nanoparticles in blood flow through anisotropically tapered arteries // *Frontiers in Physics*. 2020. Is. 8. P. 95. DOI: 10.3389/fphy.2020.00095
16. Çetinkaya G., Güngör A., Aras D. Impact of the “Chalk” on perceived visual quality and the willingness to climb: a research on sports climbing // *Pedagogy Phys. Cult. Sports*. 2021. Is. 25 (1). P. 15–3. DOI: 10.15561/26649837.2021.0103
17. Kartal A. The relationships between dynamic balance and sprint, flexibility, strength, jump in junior soccer players // *Pedagogy Phys. Cult. Sports*. 2020. Is. 24 (6). P. 285–289. DOI: 10.1519/JSC.0b013e318291b8c7
18. Kozin S.V., Cretu M.M., Kozina Zh. L. Application of closed kinematic chain exercises with eccentric and strength exercises for the shoulder injuries prevention in student rock climbers: a randomized controlled trial // *Acta of Bioengineering and Biomechanics / Wroclaw University of Technology*. 2021. Is. 23 (2). DOI: 10.37190/abb-01828-2021-01
19. Kozin S.V. Biomechanical technology of injury prevention in the training of specialists in physical education and sports // *Health Sport Rehabilitation*. 2021. Is. 7 (1). P. 65–76. DOI: 10.34142/HSR.2021.07.02.06

20. Kozin S.V., Safronov D.V., Kozina Z.L., Kniaz H.O., Proskurnia O., Prontenko K., Lahno O., Goncharenko V., Kholodniy A. Comparative biomechanical characteristics of one-arm hang in climbing for beginners and qualified athletes // *Acta Bioeng. Biomech.* 2020. Is. 22 (1). P. 57–67. DOI: 10.37190/ABB-01440-2019-03
21. Lee J., Burkett B., Thiel D., James D.A. Inertial sensor, 3D and 2D assessment of stroke phases in freestyle swimming // *Procedia Engineering.* 2011. No. 13. P. 148–153.
22. Lee J., Mellifont R., Winstanley J., Burkett B. Body roll in simulated freestyle swimming // *International Journal of Sports Medicine.* 2008. Issue 29. P. 569–573.
23. Mahanthesh B., Mackolil J. (2021) Flow of nanoliquid past a vertical plate with novel quadratic thermal radiation and quadratic Boussinesq approximation: Sensitivity analysis // *Int. Commun. Heat Mass Transf.* 2021. Is. 120. P. 105040. DOI: 10.1016/j.icheatmasstransfer.2020.105040
24. Mahanthesh B., Thriveni K., Lorenzini G. Significance of nonlinear Boussinesq approximation and non-uniform heat source/sink on nanoliquid flow with convective heat condition: sensitivity analysis // *Eur. Phys. J. Plus.* 2021. Is. 136. P. 418 URL: <https://link.springer.com/article/10.1140/epjp/s13360-021-01416-w>
25. Maraj E. N., Iqbal Z., Mehmood R., Batool M., Ijaz Sh. Biomechanics of Swimming Microbes in Atherosclerotic Region with Infusion of Nanoparticles // *Arabian Journal for Science and Engineering.* 2021. P. 1022–1045. DOI: 10.1007/s13369-021-06241-y
26. Mo-Nilssen R., Helbostad J.L. Estimation of gait cycle characteristics by trunk accelerometry // *Journal of Biomechanics.* 2004. Is. 37 (1). P. 121–126.
27. Quagliarotti C., Cortesi M., Martina P., Fantozzi S. Swimming with a Wetsuit Mitigates the Increase in Fatigue and Reduces Drag (Trunk Incline) in Well Trained Triathletes. In: 26 European College of Sport Science Congress. 2021. Is. 120. P. 41–66. URL: https://www.researchgate.net/publication/354543674_Swimming_with_a_Wetsuit_Mitigates_the_Increase_in_Fatigue_and_Reduces_Drag_Trunk_Incline_in_Well_Trained_Triathletes