

УДК 797.21

Оценка эффективности применения концепции критической скорости плавания при планировании высокоинтенсивных интервальных тренировок у квалифицированных пловцов

Копылов Константин Васильевич

Каун Владислав Александрович

Логина Александра Андреевна

Поволжский государственный университет физической культуры, спорта и туризма, Казань

Актуальность. В статье описывается опыт применения концепции критической скорости плавания при планировании высокоинтенсивных интервальных тренировок квалифицированных пловцов. Использование методики расчета интервалов в рамках тренировочного процесса пловцов 15-16 лет позволило значимо увеличить показатель критической скорости плавания в экспериментальной группе к концу исследования. Обнаружена тенденция увеличения соревновательной результативности пловцов на дистанции 100 м вольный стиль. Концепция критической скорости плавания может быть использована при планировании высокоинтенсивных интервальных тренировок у квалифицированных пловцов.

Ключевые слова: плавание, критическая скорость плавания, квалифицированные пловцы, 3-минутный тест.

Assessment of the effectiveness of using the concept of critical swimming speed in planning high-intensity interval training for qualified swimmers

Kopylov Konstantin Vasilyevich

Kaun Vladislav Alexandrovich

Loginova Alexandra Andreevna

Volga Region State University of Physical Culture, Sports and Tourism, Kazan

Abstract. The article describes the experience of applying the concept of critical swimming speed in the planning of high-intensity interval training of qualified swimmers. The use of the method for calculating intervals in the training process of swimmers of 15-16 years old made it possible to significantly increase the critical swimming speed in the experimental group by the end of the study. A tendency to increase the competitive performance of swimmers at a distance of 100 m freestyle was found. The concept of critical swimming speed can be used when planning high-intensity interval training in skilled swimmers.

Keywords: swimming, critical swimming speed, qualified swimmers, 3-minute test.

ВВЕДЕНИЕ. Концепция критической скорости в рамках спортивной деятельности является предметом активного изучения ученых в последние два десятилетия. Как указывают Pettitt et al. (2016), концепция критической скорости или КСП (CS – critical speed или CV – critical capacity) возникла как метод количественной оценки вклада аэробных и анаэробных энергетических систем при выполнении высокоинтенсивной работы и высокоинтенсивных интервальных упражнений [1]. Критическая скорость представляет собой максимальную скорость, при которой обнаруживается устойчивое состояние между работоспособностью и уровнем потребления кислорода. Скорость выше критической вызывает постепенное повышение потребления кислорода, вплоть до возникновения пикового значения. Расстояние, которое спортсмен может преодолеть со скоростью выше критической, ограничено и выражается, в рамках КСП, как конечная анаэробная емкость, расходуемая при превышении границы критической скорости (обозначается как D') [2].

Некоторые авторы указывают, что тренировка на уровне критической скорости, особенно в рамках интервальной тренировки, является эффективным методом развития кардиореспираторной системы и повышения уровня максимального потреб-

ления кислорода [3, 4, 5]. В своей работе Courtright et al. (2016) показали эффективность применения концепции КСП при планировании нагрузки в рамках интервальных тренировок у пловцов студенческой команды США [2]. Авторы также отмечают, что существенным преимуществом КСП является возможность применения индивидуализированного подхода при планировании высокоинтенсивных упражнений. Расчет нагрузки для каждого пловца производится относительно индивидуальных показателей критической скорости плавания, а не на основе рекомендуемых усредненных значений [2, 6].

Анализ литературы показал, что в настоящий момент недостаточно данных относительно применения КСП при планировании нагрузки среди квалифицированных юных пловцов.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ – оценить эффективность применения концепции критической скорости плавания при планировании высокоинтенсивных интервальных тренировок у квалифицированных пловцов 15-16 лет.

МЕТОДЫ И ОРГАНИЗАЦИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ. Исследование проводилось на базе УСК ДВВС, г. Казань, с ноября по декабрь 2023 г. в бассейне длиной 50 м. В эксперименте приняли участие 15 пловцов: юноши ($n = 12$) и девушки ($n=3$). Средний возраст участников $15,8 \pm 0,7$ лет. Все участники специализировались на плавании вольным стилем; средний лучший результат участников исследования на дистанции 100 м вольным стилем, согласно таблице очков World Aquatics, составил $497,2 \pm 49,6$ баллов (I разряд, КМС). Статистически значимых различий в спортивных результатах между юношами и девушками обнаружено не было, в связи с этим их результаты считались вместе ($p>0,05$). Спортсмены имели стаж занятий плаванием в спортивной школе не менее 8 лет и за последний год тренировались не реже, чем 10 раз в неделю. Длительность эксперимента составила 4 недели и проводилась на специально-подготовительном этапе спортивной подготовки. Для проведения эксперимента участники были разделены на 2 группы: контрольную ($n=7$) и экспериментальную ($n=8$). В экспериментальной группе (ЭГ) при планировании интенсивности интервальных упражнений использовалась методика расчета нагрузки, разработанная в рамках концепции критической скорости плавания [1, 2]. Показатель критической скорости плавания находился при прохождении 3-минутного теста (в зарубежной литературе 3МТ или 3 min “all-out” test). Эффективность применения 3-минутного теста для нахождения критической скорости плавания была ранее показана в некоторых работах [2, 7]. В ходе тестирования 3 МТ фиксируется расстояние, пройденное спортсменом за 150 и 180 с. Средняя скорость плавания, показанная в промежутке от 150 до 180 с, и будет являться критической скоростью плавания. На основе данных, полученных в ходе прохождения 3-минутного теста (критической скорости плавания, анаэробной емкости), рассчитывались индивидуальные временные интервалы прохождения высокоинтенсивных интервальных отрезков (таблица 1). Например, для того, чтобы вызвать истощение 60% анаэробной емкости (D') на дистанции 100 м вольным стилем у спортсмена, имеющего показатели $CV = 1,37 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ и $D' = 18$, необходимо подставить значения в формулу 3 (таблица 1).

Таблица 1 – Формулы расчета критической скорости плавания, анаэробной емкости и тренировочных интервалов [2]

№	Формула	Пояснение
1	$CV(m \cdot c^{-1}) = (D_{180} - D_{150}) / 30 \text{ с}$	CV – критическая скорость плавания; D ₁₈₀ – дистанция, пройденная за 180 с в м; D ₁₅₀ – дистанция, пройденная за 150 с в м
2	$D'(m) = 150 \text{ с} * [(D_{150} / 150 \text{ с}) - CV]$	D' – анаэробная емкость
3	$Int_t(c) = [D - (D' * Int\%)] / CV$	Int _t – время прохождения дистанции, в с; D – дистанция, в м; Int% – планируемый процент расхода анаэробной емкости (D')

Тогда $Int_t(c) = [100 - (18 * 0,6) / 1,37] = 65,1 \text{ с}$. Значит, для того чтобы истощить анаэробную емкость на 60%, данному пловцу необходимо проплыть дистанцию 100 м за 65,1 с.

В указанный период в ЭГ было проведено 40 тренировочных занятий в воде, из которых 16 (рисунок 1) включали в себя серии высокоинтенсивных интервальных тренировок или ВИИТ (по 4 тренировки в недельном микроцикле).



Рисунок 1 – Количественно-качественная характеристика организации высокоинтенсивного интервального тренинга в экспериментальной группе

Контрольная группа (КГ) тренировалась по традиционной схеме. Интенсивность нагрузки при прохождении ВИИТ в КГ рассчитывалась в соответствии с широко принятыми рекомендациями (по величине частоты сердечных сокращений) [7]. Соревновательная результативность групп оценивалась при прохождении дистанции 100 м вольным стилем в рамках официальных соревнований регионального уровня (в начале тестирования – чемпионат и первенство г. Казани по плаванию, в конце – республиканские соревнования по плаванию). Статистическую обработку полученных данных проводили при помощи программы SPSS Statistics 23.0. Для определения характера распределения использован критерий Колмогорова-Смир-

нова. Оценка различий внутри групп выполнялась при помощи Т-критерия Стьюдента для парных выборок. Различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$. Размер эффекта для Т-критерия рассчитывался по формуле: $d = M_1 \cdot M_2 / \sqrt{(S_1^2 - S_2^2)}$ [8].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ. В таблице 2 представлены результаты тестирования групп в начале и конце эксперимента. Расстояние, пройденное за 150 и 180 с, увеличилось в обеих группах к концу эксперимента, однако не достигло статистически значимых величин ($p > 0,05$). Размер эффекта оценивается как небольшой. Показатели скорости V_{150c} значимо не изменились в обеих группах в сравнении с началом исследования ($p > 0,05$; РЭ в КГ и ЭГ = 0,1). Отмечается тенденция увеличения скорости плавания V_{180c} в ЭГ в конце исследования, однако показатель не достиг статистически значимых величин ($p = 0,08$; РЭ = 0,2). В КГ показатель V_{180c} несколько снизился с $1,41 \pm 0,06$ до $1,40 \pm 0,06$ м*с⁻¹ ($p > 0,05$; РЭ = -0,1).

Таблица 2 – Результаты тестирования в начале и конце эксперимента

Параметры	Группы	До	После	p	РЭ
S_{150M} , (М)	КГ	$213,4 \pm 8,9$	$214 \pm 10,3$	0,8	0,1
	ЭГ	$211,4 \pm 13,5$	$213,7 \pm 14,1$	0,2	0,1
S_{180M} , (М)	КГ	$252 \pm 10,3$	$253,6 \pm 11,4$	0,5	0,1
	ЭГ	$249,6 \pm 16,8$	$254,4 \pm 16,7$	0,08	0,2
V_{150c} , (м*с ⁻¹)	КГ	$1,42 \pm 0,06$	$1,42 \pm 0,07$	0,8	0,1
	ЭГ	$1,41 \pm 0,9$	$1,42 \pm 0,1$	0,2	0,1
V_{180c} , (м*с ⁻¹)	КГ	$1,41 \pm 0,06$	$1,40 \pm 0,06$	0,5	-0,1
	ЭГ	$1,38 \pm 0,1$	$1,41 \pm 0,1$	0,08	0,2
CV , (м*с ⁻¹)	КГ	$1,38 \pm 0,08$	$1,38 \pm 0,05$	0,1	0,1
	ЭГ	$1,27 \pm 0,1$	$1,36 \pm 0,1^*$	0,03	0,8
D' , (м)	КГ	$6,8 \pm 4,7$	$7,4 \pm 5,4$	0,2	0,2
	ЭГ	$20,7 \pm 7,9$	$10,1 \pm 5,4^*$	0,02	-1,2
100 м в/с, баллы WA	КГ	$523,3 \pm 34,2$	$530,6 \pm 43,4$	0,8	0,2
	ЭГ	$466 \pm 49,6$	$496,5 \pm 43,5$	0,07	0,6

Примечание: S_{150M} – среднее расстояние, пройденное за 150 с; S_{180M} – среднее расстояние, пройденное за 180 с; V_{150c} – средняя скорость пловцов при проплывании 150 с; V_{180c} – средняя скорость пловцов при проплывании 180 с, CV – критическая скорость плавания, D' – анаэробная емкость; * – статистически значимое различие при $p < 0,05$; в/с – вольный стиль, результат измерялся в баллах World Aquatics; РЭ – размер эффекта.

Показатель критической скорости плавания (CV) значимо не изменился в КГ ($p > 0,05$; РЭ = 0,1), тогда как в ЭГ значимо вырос с $1,27 \pm 0,1$ до $1,36 \pm 0,1$ м*с⁻¹ ($p < 0,05$; РЭ = 0,8). Размер эффекта равен 0,8 (большой эффект). Полученные данные указывают на увеличение критической скорости плавания внутри группы к концу тестирования. Это говорит о возросшем уровне аэробной работоспособности спортсменов ЭГ к концу исследуемого периода. Показатель D' в КГ значимо не изменился ($p > 0,05$; РЭ = 0,2), тогда как в ЭГ значимо снизился с $20,7 \pm 7,9$ до $10,1 \pm$

5,4 ($p < 0,05$; $PЭ = -1,2$). Увеличение CV и снижение D' , наблюдаемое после программы тренировок, согласуется с результатами, полученным ранее в исследованиях Courtright et al. (2016) и Piatrikova et al. (2020). По словам авторов, такая динамика показателей свидетельствует об относительном повышении величины вклада аэробного энергообеспечения с соответствующим снижением вклада анаэробного обеспечения в ходе прохождения теста [2, 6]. Соревновательный результат на дистанции 100 м в/с в КГ вырос с $523,3 \pm 34,2$ до $530,6 \pm 43,4$ баллов при $p > 0,05$. Размер эффекта оценивается как низкий (0,2). В ЭГ средний результат вырос с $466 \pm 49,6$ до $496,5 \pm 43,5$ баллов (при $p > 0,05$). Размер эффекта равен 0,6 (средний). Результаты свидетельствуют о наличии тенденции роста соревновательной результативности в ЭГ.

Таким образом, концепция КСП может эффективно применяться в тренировке юных квалифицированных пловцов. Расчет индивидуальных интервалов прохождения отрезков позволил спортсменам ЭГ статистически значимо повысить показатель критической скорости плавания. В КГ в ходе тренировок показатель КСП также вырос, в сравнении с начальным показателем, однако не достиг статистически значимых величин.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Применение концепции критической скорости плавания в процессе планирования интенсивности выполнения интервальных тренировок квалифицированных пловцов 15-16 лет приводит к значимому увеличению показателя критической скорости плавания ($p < 0,05$). Обнаруженные тенденции увеличения соревновательной результативности в ЭГ делают данный инструмент перспективным для внедрения в тренировочный процесс юных пловцов. Индивидуализированный подход в рамках концепции КСП позволяет с более высокой точностью определять интенсивность прохождения отрезков, что также способствует снижению риска возникновения состояния переутомления и перетренированности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Pettitt R. W. Applying the Critical Speed Concept to Racing Strategy and Interval Training Prescription. DOI: 10.1123/ijsp.2016-0001 // Int J Sports Physiol Perform. 2016. Oct; 11 (7). P. 842–847.
2. Courtright S. P., Williams J. L., Clark I. E., Pettitt R. W., Dicks N. D. Monitoring interval-training 338 responses for swimming using the 3- min all-out exercise test // Int J Exerc Sci. 2016. 9: 339. P. 545–553.
3. Кряжев В. Д., Володин Р. Н., Борисович В. Б., Скуднов В. М. Концепция критической скорости бега и ее оценка у бегунов на средние дистанции // Вестник спортивной науки. 2019. № 6. С. 4–8.
4. Соломатин В. Р. Нормативные требования и учет индивидуального уровня развития биоэнергетических способностей пловцов в подготовке спортивного резерва // Новые исследования. 2020. № 4 (64). С. 131–138.
5. Amara S., Hammami R., Zacca R., Mota J., Negra Y., Gaied Chortane S. The effect of combining HIIT and dry-land training on strength, technique, and 100-m butterfly swimming performance in age-group swimmers: a randomized controlled trial. DOI: 10.5114/biolSport.2023.110747 // Biology of Sport. 2023. Vol. 40 (1). P. 85–92.
6. Piatrikova E., Willsmer N. J., Sousa A. C., Gonzalez J. T., Williams S. Individualizing Training in Swimming: Evidence for Utilizing the Critical Speed and Critical Stroke Rate Concepts. DOI: 10.1123/ijsp.2019-0546 // Int J Sports Physiol Perform. 2020. May 1; 15 (5). P. 617–624.
7. Piatrikova E., Sousa, A., Gonzalez, J., Williams, S. Validity and reliability of the 3-minute all-out test in national and international competitive swimmers. DOI:10.1123/ijsp.2018-0018 // International Journal of Sports Physiology and Performance. 2019. 13 (9). С. 1190–1198.
8. Барникова И. Э. Использование информационных технологий для оценки размера эффекта в биомеханических исследованиях // Труды кафедры биомеханики Университета имени П.Ф. Лесгафта. 2017. Вып. XI. С. 6–11.

REFERENCES

1. Pettitt R. W. (2016), "Applying the Critical Speed Concept to Racing Strategy and Interval Training Prescription", *Int J Sports Physiol Perform*, Oct, 11 (7), pp. 842–847, DOI: 10.1123/ijssp.2016-0001.
2. Courtright S. P., Williams J. L., Clark I. E., Pettitt R. W., Dicks N. D. (2016), "Monitoring interval-training 338 responses for swimming using the 3- min all-out exercise test", *Int J Exerc Sci*, 9, 339, pp. 545–553.
3. Kryazhev V. D., Volodin R. N., Borisovich V. B., Skudnov V. M. (2019), "The concept of critical running speed and its assessment in middle-distance runners", *Bulletin of Sports Science*, No. 6, pp. 4–8.
4. Solomatin V. R. (2020), "Regulatory requirements and consideration of the individual level of development of bioenergetic abilities of swimmers in the preparation of a sports reserve", *New research*, No. 4 (64), pp. 131–138.
5. Amara S., Hammami R., Zacca R., Mota J., Negra Y., Gaied Chortane S. (2023), "The effect of combining HIIT and dry-land training on strength, technique, and 100-m butterfly swimming performance in age-group swimmers: a randomized controlled trial", *Biology of Sport*, vol. 40 (1), pp. 85–92, DOI: 10.5114/biolsport.2023.110747.
6. Piatrikova E., Willsmer N. J., Sousa A. C., Gonzalez J. T., Williams S. (2020), "Individualizing Training in Swimming: Evidence for Utilizing the Critical Speed and Critical Stroke Rate Concepts", *Int J Sports Physiol Perform*, May 1; 15 (5), pp. 617–624, DOI: 10.1123/ijssp.2019-0546.
7. Piatrikova E., Sousa A., Gonzalez J., Williams S. (2019), "Validity and reliability of the 3-minute all-out test in national and international competitive swimmers", *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 13 (9), pp. 1190–1198, DOI:10.1123/ijssp.2018-0018.
8. Barnikova I. E. (2017), "The use of information technologies to assess the size of the effect in biomechanical research", *Proceedings of the Department of Biomechanics of the P.F. Lesgaft University*, Issue XI, pp. 6–11.

Информация об авторах:

Копылов К.В., преподаватель кафедры теории и методики водных видов спорта

Каун В.А., аспирант кафедры медико-биологических дисциплин

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в редакцию 19.03.2024.

Принята к публикации 17.04.2024.