

УДК 796.21

**Биомеханические характеристики техники поворота на спине
у высококвалифицированных пловцов**

Крылов Андрей Иванович¹, доктор педагогических наук, профессор

Виноградов Евгений Олегович², кандидат педагогических наук

¹Национальный государственный университет физической культуры, спорта и здоровья имени П.Ф. Лесгафта, Санкт-Петербург

²СШ Дельфин, Санкт-Петербург

Аннотация. Всегда считалось, что поворотный сегмент вносит большой вклад в результаты спринтерского плавания. Однако по результатам последних исследований установлено, что по мере увеличения дистанции от 50 м до 1500 м время выполнения поворота становится еще более значимым. В статье представлено исследование по изучению характеристик техники выполнения поворотов при плавании на спине, что позволит установить степень их влияния на эффективность этого соревновательного компонента и в целом на спортивный результат. Авторами на основе данных научных исследований специалистов в области спортивного плавания определены основные показатели и характеристики двигательных действий пловцов во время выполнения поворота и выхода; смоделирована биомеханическая структура выполнения поворота в каждой фазе с последующей его количественной оценкой.

Ключевые слова: плавание на спине, поворот на спине, биомеханика плавания.

**The biomechanical characteristics of backstroke technique
in highly skilled swimmers**

Krylov Andrei Ivanovich¹, doctor of pedagogical sciences, professor

Vinogradov Evgeny Olegovich², candidate of pedagogical sciences

¹Lesgaft National University of Physical Education, Sport and Health, St. Petersburg

²Dolphin Sports School, St. Petersburg

Abstract. It has always been considered that the turn segment contributes significantly to the results in sprint swimming. However, according to the results of recent research, it has been established that as the distance increases from 50m to 1500m, the execution time of the turn becomes even more significant. The article presents a study on the characteristics of backstroke turn technique, which will allow determining their impact on the overall effectiveness of this competitive component and overall athletic performance. Based on scientific research data from experts in the field of competitive swimming, the main indicators and characteristics of swimmers' motor actions during the turn and exit have been identified; the biomechanical structure of turn execution in each phase has been modeled, followed by its quantitative assessment.

Keywords: backstroke swimming, backstroke turn, swimming biomechanics.

ВВЕДЕНИЕ. Выполняя поворот при плавании на спине, пловец перекатывается из положения лежа на спине на грудь, а затем выполняет кувырок [1]. После кувырка пловец должен с силой оттолкнуться от поворотного бортика бассейна и поддерживать высокую скорость за счет ударов ногами во время подводной фазы [2]. При измерении отрезка поворота с фиксированными опорными метками было установлено, что лучшие пловцы тратили меньше времени на поворот [3, 4, 5]. В современную структуру сегмента поворота также включается фаза скольжения, хотя в некоторых исследованиях сообщалось, что навыки скольжения и результаты поворота не связаны напрямую [6, 7]. Авторы отмечают большое значение для эффективности поворота фазы «наплыва или сближения» с поворотным щитом. В результате последних исследований было установлено, что пловцы более высокой квалификации, по-видимому, сокращали время выполнения поворота, увеличивая расстояние начала фазы «салто-кувырок» от бортика, а также вытягивали ноги (от 100° до 120°) при отталкивании, чтобы сократить время контакта с поворотным щитом [8, 9] и за счет эффективных подводных ударов ногами на первых метрах после поворота.

Таким образом, специалисты в области биомеханики плавания выделяют несколько характеристик, непосредственно обуславливающих результативность выполнения поворота: кинематические — оценка угла сгибания ног в коленных суставах, время контакта с поворотным бортиком, положение тела пловца и глубина относительно поверхности воды, а также динамические — величина лобового сопротивления, максимальная сила и импульс силы, генерируемые пловцом в момент отталкивания и др. [10, 11].

В ходе наших исследований было выдвинуто предположение о том, что оценка результативности выполнения поворота возможна только на основе использования современных методик видеорегистрации и компьютерных программ, формирующих в единое видеопространство как кинематические, так и кинетические характеристики техники поворота. Это позволяет тренерам и спортсменам практически в режиме онлайн вносить корректировки в технику, тем самым повышая её эффективность [12].

МЕТОДЫ И ОРГАНИЗАЦИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ. Исследования проводились на базе ГБУ ДО СШ «Дельфин», Санкт-Петербург. Для получения и обработки данных использовались два аппаратных комплекса, оснащенных специальным программным обеспечением Natatometry1 и Natatometry2 [13].

Период исследования составил шесть месяцев. В исследовании участвовали 8 пловцов-спинистов, мастеров и кандидатов в мастера спорта. Спортсмены выполняли по три поворота на спине, анализ проводился по лучшей попытке по показателю 2,5-метровый ОВП (Общее время поворота).

Данный показатель (RTT - round trip turn times) широко используется во многих работах, варьируясь от 2,5 м до 10 м в зависимости от задач исследования, и обозначает время, которое затрачивает пловец от пересечения установленной отметки до поворотного щита, включая сам поворот и время выхода до этой отметки. В представленном исследовании в качестве оценки эффективности двигательных действий был выбран показатель 2,5 м RTT, так как все изучаемые фазы входили в этот дистанционный отрезок.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ. По анализу результатов более 50 попыток выполнения поворота на спине были определены 4 динамические фазы:

- *Фаза «Наплыв - сближение»* - начинается с момента перехода пловца из положения на спине в положение на груди и заканчивается в момент начала вращения перед поворотным бортиком. Необходимо выделить следующие характеристики, влияющие на скорость выполнения этой фазы: положение корпуса и головы, а также попадание пловца в поток воды, создаваемый гребущей рукой. Пловцы должны поддерживать или даже наращивать скорость во время фазы приближения к повороту. Медленный подход приведет к снижению скорости вращения и слабому импульсу отталкивания [14, 15].

- *Фаза «Сальто-кувырок»* - начинается с момента сгибания головы и корпуса при сближении с поворотным щитом и заканчивается постановкой стоп на щит. Ведущие характеристики фазы: ускорение вращения ног после выхода их из воды, прижатие обеих рук к корпусу в начале вращения. Отсутствие дыхания на последнем гребке позволяет пловцам начинать вращение дальше от щита, тем самым сокращая время поворота [16].

- Фаза «Отталкивание-скольжение» - начинается с момента отрыва ног от поворотного щита и заканчивается моментом первого удара ногами способом дельфин. Ведущими акцентами техники необходимо выделить: обтекаемое положение корпуса в момент отталкивания и угла атаки корпуса при отталкивании от бортика, скорость и продолжительность скольжения.

Для снижения гидродинамического сопротивления во время скольжения пловец должен оттолкнуться от бортика под таким углом относительно поверхности воды, чтобы выполнять скольжение на глубине 40 см [17].

Наибольший вклад в улучшение времени поворота вносит оптимально сформированный пловцом по времени и скорости нарастания усилий импульс силы. Поворот, выполненный с углами сгибания колена между 100° и 120°, обеспечивает наиболее благоприятное положение для формирования таких усилий.

- Фаза «Выход-активное движение» - начинается с первого удара ног способом дельфин до момента первого гребка рукой в цикле дистанционного плавания. Определяющая характеристика: увеличение мощности каждого последующего удара ногами дельфином с целью поддержания высокой скорости плавания в этой фазе поворота.

Расстояние от поверхности воды или глубина, на которой перемещается пловец в процессе выхода после поворота, оказывает значительное влияние на снижение гидродинамического сопротивления. По результатам многочисленных исследований было установлено, что оптимальной глубиной будет около 40 см от поверхности воды, хотя на глубине 75 см гидродинамическое сопротивление для пловца минимально. Однако в этом случае глиссада или траектория подъема пловца к поверхности будет иметь большой угол атаки, что в значительной степени замедлит скорость подводного плавания и не принесет никаких преимуществ пловцу [18].

На рисунках 1, 2 и 3 представлены скриншоты с видеорегистрации попытки выполнения поворота на спине, где в одном кадре зафиксировано положение пловца, а зеленая поперечная линия отмечает на красной кривой мгновенную скорость, с которой плывет пловец в данном кадре. Необходимо отметить, что существующие методики для такой сопряженной оценки кинематических и кинетических характеристик используют отдельно видеорегистрацию и отдельно запись колебания скорости с последующим совмещением двух категорий характеристик.

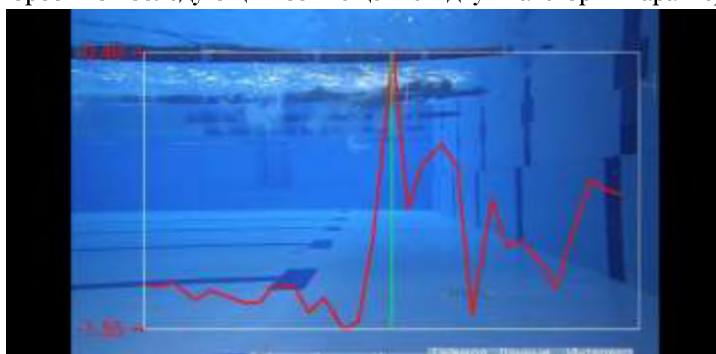


Рисунок 1 – Скриншот подводной видеосъемки в фазе наплыва

Пловец, выполняя эффективные гребки руками, максимально ускоряется (красная линия) в конце фазы наплыва, что позволяет выполнить кувырок с высокой скоростью вращения.

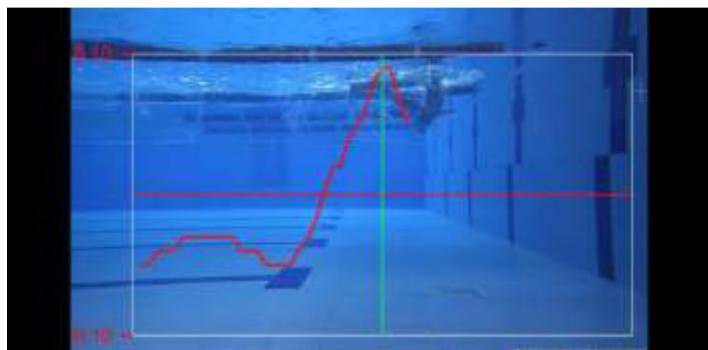


Рисунок 2 – Скриншот подводной видеосъемки выполнения плавцом 2-й фазы «салто»

В этой фазе спортсмен должен выполнить сложные координационные действия, связанные с правильной постановкой стоп на поворотный щит, рассчитать скорость движения ног, чтобы в момент касания поворотного бортика угол сгибания ног в коленных суставах составлял оптимальное значение для каждого пловца, и расположить корпус с вытянутыми вперед руками в максимально обтекаемое положение. Правильное выполнение координационного решения в этой фазе поворота позволит эффективно выполнить следующую фазу.

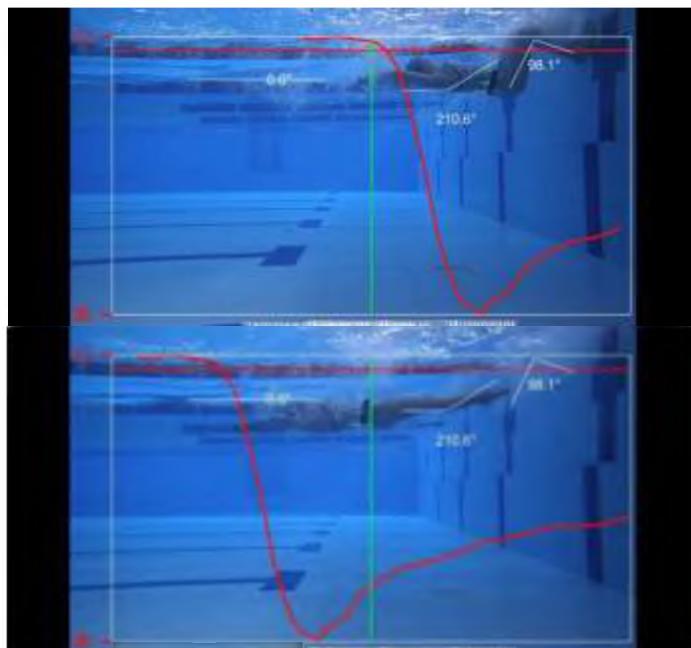


Рисунок 3 – Скриншоты подводной видео съемки 4 фазу «отталкивание и скольжение»

Постепенное увеличение скорости движения пловца в процессе отталкивания и достижение его максимального значения в момент отрыва ступней от поворотного бортика говорят о правильном формировании импульса силы. Также для увеличения импульса, приобретаемого во время отталкивания, пловец должен выпрямить руки и ноги одновременно на глубине примерно 40 см от поверхности воды (табл. 1).

Таблица 1 – Результаты мгновенных колебаний скорости и показателей времени в 4-фазовой структуре спортивного поворота и выхода у пловцов-спинистов

пловцы	Vmax (1 и 4 фазы)		Vmin (1 и 4 фазы)	Vavg (1 и 4 фазы)	T-action (2 фазы)
P1	1ф	1,144	0,842	0,979	0,89
	4ф	1,544	1,016	1,280	
P2	1ф	1,566	1,311	1,442	0,43
	4ф	1,909	1,676	1,792	
P3	1ф	1,789	1,145	1,467	0,85
	4ф	1,655	0,908	1,282	
P4	1ф	1,242	0,898	1,007	0,76
	4ф	1,445	1,101	1,273	
P5	1ф	1,690	1,477	1,584	0,61
	4ф	1,503	1,099	1,301	
P6	1ф	1,401	1,201	1,301	0,89
	4ф	1,995	1,409	1,702	
P7	1ф	1,513	1,398	1,456	0,55
	4ф	1,899	1,789	1,854	
P8	1ф	1,577	1,171	1,374	0,91
	4ф	1,699	1,540	1,779	

Примечания: Vmax – максимальная скорость в цикле (м/с); Vmin – минимальная скорость в цикле (м/с); Vavg - средняя скорость в цикле (м/с); T-action – время действия в фазе (сек.).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В ходе исследования были установлены кинематические характеристики каждой фазы скоростного поворота плавания на спине, влияющие на динамику как каждой фазы соответственно, так и на результативность поворота в целом.
2. Было определено значение скорости плавания в первой фазе «наплыва», поскольку динамика этой фазы влияет на улучшение динамических показателей последующих фаз. Необходимо отметить, что пловец Р2 с лучшим показателем скорости в 1-й фазе продемонстрировал и самое быстрое время вращения в фазе «Сальто-кувырок».
3. Пловцы Р7 и Р8 продемонстрировали высокое значение скорости во время скольжения и поддержание этой скорости во время работы ногами дельфином благодаря обтекаемому расположению тела и оптимальной глубине продвижения пловца в воде.
4. В ходе исследований подтвердилась эффективность использования исследовательских комплексов Natatometry1 и Natatometry2 для оценки техники различных компонентов соревновательной деятельности пловцов.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Blanksby B. [et al.]. Force plate and video analysis of the tumble turn by age-group swimmers // The Journal of Swimming Research. 1996. N 11. P. 40–45.
2. Zamparo P. [et al.]. The contribution of underwater kicking efficiency in determining “turning performance” in front crawl swimming // Journal of Sports Medicine and Physical Fitness. 2012. N 52 (5). P. 457–464.
3. Arellano R. [et al.]. Analysis of 50, 100, and 200 m Freestyle Swimmers at the 1992 Olympic Games // Journal of Applied Biomechanics. 1994. N 10. P. 189–199.
4. Kjendlie P. [et al.]. The temporal distribution of race elements in elite swimmers // Portuguese Journal of Sport Sciences. 2006. N 6 (Suppl. 2). P. 54–56.
5. Thompson K. An analysis of selected kinematic variables in national and elite male and female 100-m and 200-m breaststroke swimmers // Journal of Sports Sciences. 2000. N 18. P. 421–431.

6. Mason B. R., Cossor J. M. Swim turn performances at the Sydney 2000 Olympic Games // Proceedings of Swim Sessions XIX International Symposium on Biomechanics in Sports / Blackwell J. and Sanders R. H. (Ed), International Society of Biomechanics in Sports. San Francisco, 2001. P. 65–69.
7. Pereira S. [et al.]. Biomechanical analysis of the underwater phase in swimming starts // Portuguese Journal of Sport Sciences. 2006. N 6 (Suppl. 2). P. 79–81.
8. Araujo L. [et al.]. Analysis of the lateral push-off in the freestyle flip turn // Journal of Sports Sciences. 2010. N 28 (11). P. 1175–1181.
9. Puel F. [et al.]. Dynamics and kinematics in tumble turn: an analysis of performance // Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering. 2010. N 13 (sup1). P. 109–111.
10. Викулов А. Д. Плавание. Москва : ВЛАДОС-ПРЕСС, 2004. 367 с.
11. Платонов В. Н. Спортивное плавание: путь к успеху : в 2 кн. Москва : Сов. спорт, 2012.
12. Tourny-Chollet C. [et al.]. Kinematic analysis of butterfly turns of international and national swimmers // Journal of Sports Sciences. 2002. N 20. P. 383–390.
13. Виноградов Е. О. Комплексная оценка индивидуальных особенностей техники плавания пловцов – дельфинистов высокого класса // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. 2019. № 4 (170). С. 62–65. EDN: OKDCLV.
14. Lyttle A. [et al.]. Optimal glide path during the freestyle flip turn // Journal of Science and Medicine in Sport. 1999. N 2 (4). P. 413–414.
15. Lyttle A. D., Mason B. A kinematic and kinetic analysis of the freestyle and butterfly turns // Journal of Swimming Research. 1997. N 12. P. 7–11.
16. Faelli E. [et al.]. Not Breathing During the Approach Phase Ameliorates Freestyle Turn Performance in Prepubertal Swimmers: brief research report published: 05 October 2021. doi: 10.3389/fspor.2021.7319.
17. Novais M. [et al.]. The Effect of Depth on Drag During the Streamlined Glide: A Three-Dimensional CFD. DOI:10.2478/v10078-012-0044-2 // Journal of Human Kinetics. 2012. V. 33. P. 55–62.
18. Chow J. [et al.]. Turning techniques of elite swimmers // J of Sports Sciences. 1984. N 2. P. 241–255.

REFERENCES

1. Blanksby B. [et al.] (1996), “Force plate and video analysis of the tumble turn by age-group swimmers”, *The Journal of Swimming Research*, 11, pp. 40–45.
2. Zamparo P. [et al.] (2012), “The contribution of underwater kicking efficiency in determining “turning performance” in front crawl swimming”, *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 52 (5), pp. 457–464.
3. Arellano R. [et al.] (1994), “Analysis of 50, 100, and 200 m Freestyle Swimmers at the 1992 Olympic Games”, *Journal of Applied Biomechanics*, 10, pp. 189–199.
4. Kjendlie P. [et al.] (2006), “The temporal distribution of race elements in elite swimmers”, *Portuguese Journal of Sport Sciences*, 6 (Suppl. 2), pp. 54–56.
5. Thompson K. (2000), “An analysis of selected kinematic variables in national and elite male and female 100-m and 200-m breaststroke swimmers”, *Journal of Sports Sciences*, 18, pp. 421–431.
6. Mason B. R., Cossor J. M. (2001), “Swim turn performances at the Sydney 2000 Olympic Games”, *Proceedings of Swim Sessions XIX International Symposium on Biomechanics in Sports*, San Francisco, pp. 65–69.
7. Pereira S. [et al.] (2006), “Biomechanical analysis of the underwater phase in swimming starts”, *Portuguese Journal of Sport Sciences*, 6 (Suppl. 2), pp. 79–81.
8. Araujo L. [et al.] (2010), “Analysis of the lateral push-off in the freestyle flip turn”, *Journal of Sports Sciences*, 28 (11), pp. 1175–1181.
9. Puel F. [et al.] (2010), “Dynamics and kinematics in tumble turn: an analysis of performance”, *Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering*, 13 (sup1), pp. 109–111.
10. Vikulov A. D. (2004), “Swimming”, VLADOS-PRESS, Moscow.
11. Platonov V. N. (2012), “Competitive swimming: the path to success”, in 2 books. Moscow.
12. Tourny-Chollet C. [et al.] (2002), “Kinematic analysis of butterfly turns of international and national swimmers”, *Journal of Sports Sciences*, 20, pp. 383–390.
13. Vinogradov E. O. (2019), “A comprehensive assessment of the individual characteristics of the swimming technique of high-class dolphin swimmers”, *Scientific notes of the P.F. Lesgaft University*, № 4 (170), pp. 62–65.
14. Lyttle A. [et al.] (1999), “Optimal glide path during the freestyle flip turn”, *Journal of Science and Medicine in Sport*, 2 (4), pp. 413–414.
15. Lyttle A. D., Mason B. (1997), “A kinematic and kinetic analysis of the freestyle and butterfly turns”, *Journal of Swimming Research*, 12, pp. 7–11.
16. Faelli E. [et al.] (2021), “Not Breathing During the Approach Phase Ameliorates Freestyle Turn Performance in Prepubertal Swimmers”, brief research report published: 05 October 2021, doi: 10.3389/fspor.2021.7319.
17. Novais M. [et al.]. The Effect of Depth on Drag During the Streamlined Glide: A Three-Dimensional CFD”, *Journal of Human Kinetics*, vol. 33, pp. 55–62, DOI:10.2478/v10078-012-0044-2.
18. Chow J. [et al.] (1984), “Turning techniques of elite swimmers”, *Journal of Sports Sciences*, 2, pp. 241–255.

Поступила в редакцию 14.11.2024.

Принята к публикации 28.11.2024.