

УДК 797.212

ВЗАИМОСВЯЗЬ МЕЖДУ ПОКАЗАТЕЛЯМИ МОЩНОСТИ НА СУШЕ И СКОРОСТЬЮ ПОВОРОТА У ЭЛИТНЫХ ПЛОВЦОВ

Зайцев В.С.

ГБУ ДО Физкультурно-спортивное объединение «Юность Москвы», Москва,
e-mail: aleksandrova9413@gmail.com

Тренировочные программы с динамическим сопротивлением на суше направлены на увеличение силы мышц, которые характерны для плавания. Считается, что сила ног важна при повороте во время прохождения дистанции. Целью данного исследования было определить, будет ли сила ног во время прыжка с приседанием, прыжка с контрдвижением и вертикального прыжка значительно коррелировать со способностью поворота в кувырке во время заплыва, а также будут ли эти три вида прыжков эффективно различать пловцов с более быстрой и более медленной скоростью поворота. В эксперименте принимали участие элитные спортсмены Чемпионата России по плаванию. В результате все независимые переменные были значимо связаны ($p < 0,05$) с начальной скоростью поворота (V_{2-4}), но корреляции можно было описать только как низкие или как умеренные ($r = 0,28-0,41$). Никакие антропометрические или силовые показатели не были значимо связаны со скоростью поворота. Существенные различия между группами в скорости выполнения поворота не были очевидны уже после 3 м. Возможно, упражнения, используемые в данном исследовании, не обладали специфичностью – или же техника поворота имеет более весомое значение, чем сила ног.

Ключевые слова: сила ног, скорость поворота, вольный стиль, биомеханика, прыжки

THE RELATIONSHIP BETWEEN POWER ON LAND AND TURNING SPEED AMONG ELITE SWIMMERS

Zaytsev V.S.

Physical Culture and Sports Association "Youth of Moscow", Moscow,
e-mail: aleksandrova9413@gmail.com

Resistance training on land is aimed at increasing the strength of the muscles characteristic of swimming. In terms of turning ability in the pool, leg power is thought to be important. The aim of this study was to determine whether leg strength during a jump squat, countermovement jump and a vertical jump would correlate with tumble turn ability and whether these jumps would effectively distinguish swimmers with faster and slower turning speeds. Swimmers of the Russian Swimming Championship participated in the experiment. All independent variables were significantly associated ($p < 0,05$) with the initial rotation speed, but the correlations can only be described as low or moderate ($r = 0,28-0,41$). No anthropometric or power indicators were significantly related to the turning speed. Significant differences between the groups in the speed of turning were not apparent after 3 m. Perhaps the exercises used in the study were not specific, or the technique of turning is more important than the strength of the legs.

Keywords: leg power, turning speed, freestyle, biomechanics, jumping

Введение

Эффективность пловца проще всего отражается во времени на дистанции, которое можно разделить на старт, саму дистанцию и поворот. Повороты вольным стилем составляют 20,5% от общего времени заплыва на 50 м и 33% на дистанции 200 м в 25-метровом бассейне [1].

С точки зрения кинетики поворота более быстрые пловцы должны демонстрировать значительно более высокие пиковые силы, большие средние импульсы и сокращенное время контакта со стеной [2–4]. При этом коленный сустав согнут примерно на 120° во время фазы толчка поворота кувырком. Было бы полезно разработать программу тренировок на суше для техники поворота. И так как поворот – плиометрическое движение, можно было бы ожидать, что упражнения на улучшение способности мышц ног к отскоку будут лучше подходить для по-

вышения эффективности в повороте. Была выдвинута гипотеза, что сила ног, оцениваемая с помощью прыжка с приседанием, с контрдвижением и вертикального прыжка, будет значительно коррелировать со способностью выполнять поворот.

Цель исследования – определить, будет ли сила ног во время прыжка с приседанием, прыжка с контрдвижением и вертикального прыжка значительно коррелировать со способностью поворота в кувырке во время заплыва, а также будут ли эти три вида прыжков эффективно различать пловцов с более быстрой и более медленной скоростью поворота.

Материалы и методы исследования

Исследуемые. Группа состояла из 67 участников чемпионатов России по плаванию мужского пола: возраст $17,4 \pm 0,5$ лет, рост $185,5 \pm 6,5$ см, масса тела $80,8 \pm 7,8$ кг.

Оборудование. Машина Смита использовалась для оценки выходной мощности во время приседаний с прыжком с нагрузкой. Она также позволяла участникам выполнять движения баллистическим способом: груз можно было бросать в конце концентрической фазы.

Портативная система измерения вертикального прыжка Vertec была установлена на плоской поверхности в соответствии с инструкциями в руководстве производителя.

Линейный энкодер был прикреплен к штанге машины Смита и давал 1 импульс примерно каждые 0,075 см смещения нагрузки. Через каждые 10 мс (100 Гц) считывалось общее количество импульсов и рассчитывалось смещение. Эти данные были связаны с компьютерной программой сбора и анализа данных.

Для оценки прыжка использовалась портативная силовая платформа, которая была откалибрована перед испытанием и закреплена на полу в соответствии со спецификациями в руководстве производителя.

Видеоданные собирались с помощью высокоскоростной камеры. Каждый испытуемый был снят на видео в общей сложности 3 раза, из которых были рассчитаны средние скорости на 4 участках: 2–4, 4–6, 6–8 и 8–10 м. Расстояние от камеры до пловца было 5 м. Маркеры размещались на бортике бассейна на отметках 2, 4, 6, 8 и 10 м. Каждому пловцу на голову крепился маркер с белым кругом. Покадровый анализ использовался для определения точки, в которой маркер головы пересекал маркеры у бортика бассейна. Время фиксировалось и использовалось в расчете скоростей на каждой из дистанций.

Процедуры оценки

Тесты на суше включали оценку силы ног с использованием трех техник прыжков: 1) прыжок с приседа – для концентрической силы ног; 2) прыжок с противодействием – для силы ног без участия рук; 3) вертикальный прыжок – для силы ног с участием рук. Перед испытанием на суше каждый испытуемый проходил тщательную разминку: 10 минут езды на стационарном велосипеде и динамическая растяжка мышц, участвующих в тесте.

Мощность прыжка в приседе при нагрузках 20 и 30 кг оценивалась с помощью машины Смита. Испытуемым было поручено прыгать со штангой как можно быстрее и выше из неподвижного положения при угле колена 120°. Высота и скорость прыжка регистрировались силовой платформой. Каждый испытуемый ставил

ноги на силовую платформу, клал ладони на бедра – и опускался до угла колена 120° как можно быстрее. Затем испытуемый подпрыгивал как можно выше. При отталкивании испытуемый покидал силовую платформу с выпрямленными коленями и лодыжками и приземлялся в вытянутом положении.

Высота вертикального прыжка измерялась с помощью Vertec. Испытуемый опускался до угла колена 120° как можно быстрее, а затем подпрыгивал как можно выше, чтобы сместить Vertec на максимальную высоту доминирующей рукой. Испытуемый выполнял три попытки, которые были усреднены для анализа.

Второй тест измерения скорости поворота вольным стилем проходил в воде. Перед оценкой каждый испытуемый проходил разминку в 200 м вольным стилем с минимум двумя поворотами с интервалом 50 м. Затем были выполнены три поворота с максимальной скоростью: они были усреднены для анализа. Испытуемым было рекомендовано использовать свою обычную технику поворота для каждой попытки, поэтому анализ был ограничен изменениями во времени, проведенном под водой.

Анализ данных

Переменные мощности в этом исследовании были рассчитаны из характеристик масса – перемещение линейного энкодера, прикрепленного к стержню машины Смита. Из данных смещения скорость (V) рассчитывалась каждые 10 мс ($V = \text{перемещение}/10$). Сила (F) рассчитывалась по формуле

$$F = m \times g + m \times a,$$

где m – масса штанги в кг,

g – ускорение свободного падения (9,81 м/с²),

a – среднее ускорение системы в м/с².

Ускорение рассчитывалось путем деления изменения скорости за концентрическую фазу движения на половину времени в воздухе, а мощность – как произведение силы и скорости. Средняя выходная мощность рассчитывалась только за концентрическую фазу.

Высота прыжка со встречным движением рассчитывалась из времени полета по методу Коми и Боско [5]. Этот расчет предполагает, что время падения центра масс равно половине времени в воздухе. Поэтому положение тела при взлете и приземлении должно быть одинаковым. Однако, если центр тяжести тела приземляется на более низкий уровень, чем при взлете, высота

прыжка повышается. Высота прыжка (JHt) в метрах рассчитывалась по формуле

$$JHt = g \times t_{air}^2 / 8,$$

где t_{air} – время в воздухе в секундах,
 g – ускорение свободного падения (9,81 м/с²).

Время от взлета до приземления использовалось для оценки вертикальной скорости взлета (V) по формуле

$$V = g \times t_{air} / 2.$$

Высота вертикального прыжка с Vertec рассчитывалась как высота на пике прыжка вверх – высота стоя. Рост каждого испытуемого измерялся в положении стоя спиной к стене и с согнутыми в коленях ногами.

Статистический анализ

Для анализа использовались средние значения и стандартные отклонения. Коэффициенты корреляции Пирсона использовались для определения взаимосвязей между скоростью поворота и показателями мощности ног. Испытуемые также были ранжированы и разделены на быстрые и медленные группы на основе их начальных скоростей поворота. После этого использовались независимые выборочные t-тесты, чтобы определить, были ли существенные различия между группами с точки зрения антропометрических и силовых переменных. Регрессионный анализ использовался для выявления факторов (моделей-предикторов), важных для оптимизации скоростей поворота. Для этой цели использовался прямой пошаговый множе-

ственный регрессионный анализ с использованием скорости на 2–4 м в качестве зависимой переменной. Масса и рост субъекта использовались в качестве независимых переменных. Прямая пошаговая регрессия начиналась без переменных в уравнении, а затем вводилась наиболее значимая предикторная переменная на первом шаге и продолжалась добавлением или удалением переменных до тех пор, пока ни одна из них значительно не улучшала соответствие. Минимальные допуски для входа в модель и альфа-входа/удаления были установлены на уровне 0,01 и 0,15 соответственно. Были получены лучшие статистические модели скорости поворота с одним и двумя предикторами. Регрессионная диагностика использовалась для изучения нормальности, дисперсии, коллинеарности, эффектов выбросов, рычага и влияния. Для всего статистического анализа был принят уровень значимости 0,05.

Результаты исследования и их обсуждение

Антропометрические, скоростные и силовые показатели ног пловцов из исследования представлены в табл. 1. Было отмечено снижение скорости на 32,6 % на дистанции 10 м. Использование рук в вертикальном прыжке привело к увеличению высоты прыжка на 13,7 % (7,6 см) по сравнению с техникой контрдвижения, при которой испытуемые держали руки на бедрах во время прыжка.

Корреляции между показателями скорости и независимыми переменными представлены в табл. 2.

Таблица 1

Антропометрические показатели, скорость и сила ног у пловцов

	Значение	SD
Рост, см	185	6,51
Вес, кг	80,7	7,82
Средняя скорость на дистанции 2–4 м (V_{2-4}), м/с	5,56	0,37
Средняя скорость на дистанции 4–6 м (V_{4-6}), м/с	4,06	0,29
Средняя скорость на дистанции 6–8 м (V_{6-8}), м/с	3,94	0,47
Средняя скорость на дистанции 8–10 м (V_{8-10}), м/с	3,75	0,5
Мощность прыжка из приседа с грузом 20 кг (SJ20), Вт	235,3	28,8
Мощность прыжка из приседа с грузом 30 кг (SJ30), Вт	319	51,4
Высота вертикального прыжка (VJ), см	55,5	8,3
Высота прыжка с противодействием (JHt), см	47,9	6,5
Скорость при отталкивании (VATO), м/с	2,73	0,22

Таблица 2

Коэффициенты корреляции Пирсона (r) и значения (p) между антропометрическими и силовыми переменными, а также скоростью поворота у пловцов

	V_{2-4} r (p-значение)	V_{4-6} r (p-значение)	V_{6-8} r (p-значение)	V_{8-10} r (p-значение)
Рост, см	0,28 (0,03)	0,05 (0,66)	0,22 (0,11)	0,16 (0,22)
Вес, кг	0,41 (0,00)	0,13 (0,28)	0,08 (0,50)	0,15 (0,23)
SJ20, Вт	0,29 (0,01)	0,27 (0,02)	-0,14 (0,26)	-0,02 (0,88)
SJ30, Вт	0,36 (0,00)	0,27 (0,03)	-0,08 (0,52)	0,08 (0,52)
VJ, см	0,33 (0,00)	0,33 (0,00)	-0,13 (0,28)	-0,18 (0,15)
JHt, см	0,40 (0,00)	0,27 (0,02)	-0,08 (0,53)	-0,14 (0,26)
VATO, м/с	0,38 (0,00)	0,26 (0,03)	-0,09 (0,45)	-0,18 (0,15)

Таблица 3

Пловцы, отсортированные по скорости плавания (2–4 м) на две группы: быстрые и медленные с использованием t-критерия и p-значений

	Быстрые значения (SD)	Медленные значения (SD)	t-критерий (p-значения)
V_{2-4} , м/с	5,8 (0,2)	5,2 (0,2)	10,46 (0,00)*
V_{4-6} , м/с	4,1 (0,2)	4,0 (0,2)	2,37 (0,02)*
V_{6-8} , м/с	3,9 (0,4)	3,9 (0,5)	0,40 (0,69)
V_{8-10} , м/с	3,7 (0,4)	3,7 (0,5)	0,31 (0,76)
SJ20, Вт	242,9 (29,4)	230,3 (26,4)	1,78 (0,08)
SJ30, Вт	334,5 (52,6)	306,5 (46,0)	2,24 (0,03)*
VJ, см	58,4 (8,6)	53,2 (7,4)	2,61 (0,01)*
JHt, см	50,2 (7,05)	45,8 (5,2)	2,88 (0,01)*
VATO, м/с	2,8 (0,2)	2,6 (0,1)	2,61 (0,01)*
Рост, см	186,5 (5,9)	184,6 (6,9)	1,09 (0,27)
Вес, кг	82,3 (8,2)	79,6 (7,2)	1,34 (0,18)

Таблица 4

Пошаговая регрессия для пловцов для объяснения V_{2-4}

	r	r ²
Один предиктор VJ	0,43	0,19
Два предиктора VJ, вес	0,54	0,30

Все независимые переменные были значительно связаны ($p < 0,05$) с начальной скоростью поворота (V_{2-4}), но корреляции можно было описать только как низкие или умеренные ($r = 0,28-0,41$). По мере увеличения расстояния от начального отталкивания скорость уменьшалась, как и количество переменных, значительно связанных со скоростью. Никакие антропометрические, скоростные или силовые показатели

не были значительно связаны со скоростью поворота кувырка на V_{6-8} и V_{8-10} . Сравнивались самые быстрые и самые медленные пловцы, чтобы определить, были ли какие-либо из переменных значимо разными между группами (табл. 3). Скорость поворота существенно различалась между двумя группами после 6 м. Значительно большая сила прыжка при приседании при 30 кг (8,4 %), высота прыжка в обратную сторону (8,8 %), высота вертикального прыжка (9,0 %) и скорость при отталкивании (7,2 %) наблюдались у более быстрых пловцов. Две группы существенно не различались по массе и росту.

Лучшим единичным предиктором начальной скорости поворота была высота вертикального прыжка. Эта переменная объясняла 19 % дисперсии, связанной

со скоростью поворота (табл. 4). Введение массы тела в статистической модели улучшило общую дисперсию на 11 % по сравнению с одной только высотой вертикального прыжка. То есть лучшей двухпредикторной моделью начальной скорости поворота была высота вертикального прыжка и масса тела ($r_2 = 30\%$).

Существует очень мало исследований, в которых изучалось влияние тренировок нижней части тела на результаты плавания, и еще меньше – на скорость поворота. В этом исследовании была предпринята попытка определить, связаны ли прыжковые упражнения на суше со скоростью поворота у элитных пловцов. Результаты этого исследования дают представление о том, как выбранные прыжковые упражнения на суше связаны со скоростью поворота.

Средняя скорость после поворота для пловцов этого исследования варьировалась от 3,75 м/с (8–10 м) до 5,56 м/с (2–4 м).

Было обнаружено, что выходная мощность при прыжках с нагрузкой в приседаниях и высота при двух вертикальных прыжках (с руками и без рук) были значительно ($p < 0,05$) связаны со средней скоростью между 2 и 4 м от стены. Поскольку скорость пловца связана с величиной эффективной движущей силы, более высокие скорости создают большие силы сопротивления, влияя на скорость выхода [1, 6]. Однако корреляции были низкими ($r = 0,29–0,40$) и больше не достигали статистической значимости ($p < 0,05$) после 6 м. По мере увеличения расстояния от стены скорость уменьшалась, как и сила связи между силой прыжка и скоростью поворота в кувырке. Скорости пловцов сразу после того, как ноги отрываются от стены, по-видимому, зависят от других более важных факторов, чем сила ног [7]. Обтекаемое положение, которое принимает пловец, и силы сопротивления могут внести значительный вклад в скорость плавания. Ввиду вышеизложенных утверждений важность тренировки прыжков на суше с упражнениями, исследованными в этой работе, будет умеренной. Однако, возможно, их ценность подтверждается после анализа испытуемых, отсортированных (на основе V_{2-4}) в соответствии с самыми быстрыми и самыми медленными пловцами. Это более четко определило и дифференцировало вклад выбранных прыжков в более быстрые повороты кувырком. За исключением прыжка из приседа с весом 20 кг ($p = 0,08$) все другие показатели прыжков продемонстрировали большую значимость в самой быстрой группе. Это также было очевидно

на скоростях на 2–4 и 4–6 м, но уже на скоростях на 6–8 и 8–10 м не было обнаружено существенных различий между группами в силе ног. Опять же, сила ног была относительно важна для начальной скорости, но после преодоления 4–6 м другие факторы влияют на скорость отрыва от стены. Результаты показывают, что целесообразно установить связь между силой ног, начальной скоростью поворота и скоростью плавания, однако такой анализ затруднен из-за разнообразия дистанций, в которых участвуют пловцы.

Обтекаемый переход из согнутого положения в начале отталкивания в полностью выпрямленное положение в конце отталкивания также необходим для предотвращения создания чрезмерного сопротивления [2, 3]. Это может объяснить, почему было обнаружено, что наивысшая точка вертикального прыжка с вытянутым телом является лучшим единичным предиктором скорости поворота в кувырке. Такое движение, видимо, точнее воспроизводит движения отталкивания при плавании, чем другие типы прыжков. Следует отметить, что эта переменная объясняла только 19,0 % дисперсии, связанной со скоростью поворота: когда в модель ввели массу тела, было объяснено еще 11 % дисперсии. Хотя эти две переменные вносят существенный вклад в объяснение дисперсии с начальной скоростью поворота, количество необъяснимой дисперсии (70 %) предполагает, что другие факторы, такие как техника, имеют большее значение.

Заключение

Повороты – важный компонент плавания. И тренеры выиграют, если найдут упражнения для улучшения навыков поворота своих пловцов. Включение тренировок на суше в программу плавания может быть полезным для улучшения толковых сил мышц ног и скорости поворота, хотя был отмечен ограниченный перенос тренировок на суше на результаты плавания. Относительно низкие, но значимые ($p < 0,05$) корреляции между показателями прыжков и скоростью плавания составили только 19 % дисперсии. Это говорит о том, что упражнениям не хватало некоторой специфичности или что важность силы ног в скорости поворота при кувырке преувеличена. Необходимы дополнительные исследования в этой области для установления связи между интересующими переменными и скоростью поворота в кувырке. И только потом необходимы тренировочные исследования, чтобы подтвердить, действительно

ли такие упражнения улучшают скорость поворота в плавании.

Список литературы

1. Тхайер А.Л., Хэй Й.Г. Мотивирующий старт и улучшение поворота // Техника плавания. 2014. № 17. С. 20–24.
2. Бланкебы Б.А., Маршалл Р.Н. Видеоанализ поворота кувырком пловцами // Журнал исследований в области плавания. 2016. № 11. С. 40–45.
3. Литтле А.Д., Ллойд Д.Г. Исследование кинетики при выполнении поворота с отталкиванием // Журнал прикладной биомеханики. 2019. № 15. С. 242–252.
4. Чов Й.В.Ц., Вилсон Б.Д., Имел Ц. Техника выполнения поворотов элитными пловцами // Журнал спортивных наук. 2014. № 2. С. 241–255.
5. Коми П.В., Боско Ц. Использование мужчинами и женщинами накопленной энергии в мышцах-разгибателях ног // Медицина и наука в спорте и физических упражнениях. 2018. № 10. С. 261–265.
6. Абернетхы П., Вилсон Г. Оценка силы и мощности // Спортивная медицина. 2015. № 19. С. 41–47.
7. Зайцев В.С. Результаты плавания после 3 протоколов восстановления у пловчих // Аллея Науки. 2024. № 11 (98). URL: <https://alley-science.ru/sovremennaja-nauka-i-ee-razvitie-11-98-2024> (дата обращения: 16.10.2024).