

ТРУДЫ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ

ОСОБЕННОСТИ МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНОГО СТАТУСА И ФИЗИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВЛЕННОСТИ СПОРТСМЕНОВ, ВЛИЯЮЩИЕ НА УСПЕШНОСТЬ ВЫСТУПЛЕНИЯ В ДИСЦИПЛИНЕ «ЛАЗАНИЕ НА СКОРОСТЬ» (анализ зарубежных публикаций)

Ю.С. ЗЕМЦОВА, Т.Ф. АБРАМОВА,
ФГБУ ФНЦ ВНИИФК, г. Москва

Аннотация

Статья посвящена изучению зарубежных публикаций о соревновательной деятельности в скалолазании в дисциплине «лазание на скорость» с учетом телосложения и подготовленности спортсменов. В работе анализировались 6 оригинальных полнотекстовых статей на английском языке за последние 10 лет, найденные в базах данных PubMed и ResearchGate. Были выявлены морфофункциональные особенности и физические способности спортсменов, влияющие на успешность выступления в дисциплине «лазание на скорость» – морфофункциональный статус, мышечная сила, скоростно-силовые и анаэробные способности, психологическая подготовленность.

Ключевые слова: лазание на скорость, соревновательное упражнение, морфофункциональный статус, физическая подготовленность.

FEATURES OF MORPHOFUNCTIONAL STATUS AND PHYSICAL FITNESS OF ATHLETES INFLUENCING SUCCESS IN THE DISCIPLINE "SPEED CLIMBING" (analysis of foreign publications)

Yu.S. ZEMTSOVA, T.F. ABRAMOVA,
VNIIFK, Moscow city

Abstract

The article is devoted to the study of foreign publications on competitive activity in sport climbing in the discipline "speed climbing", taking into account the physique and preparedness of the athletes. The work analyzed 6 original full-text articles in English over the past 10 years, found in the PubMed and ResearchGate databases. Morphofunctional status, muscle strength, speed-strength and anaerobic abilities, psychological preparedness, were identified as the determining morphofunctional characteristics and physical abilities of athletes that influence success in speed climbing.

Keywords: speed climbing, competitive exercise, morphofunctional status, physical fitness.

Введение

В 2024 г. на Играх XXXIII Олимпиады в Париже впервые был разыгран дополнительный комплект медалей в дисциплине скалолазания «лазание на скорость». Для достижения высокого результата спортсмену необходимо преодолеть 15-метровую эталонную трассу за минимальное время с верхней страховкой. Выполнение любого соревновательного упражнения требует от спортсмена мобилизации морфофункциональных возможностей организма в целях обеспечения проявления физических качеств и двигательных способностей в соответствии со спецификой вида спорта. Лазание на скорость является новой олимпийской дисциплиной, поэтому в отечественной литературе отсутствуют необходимые данные о тре-

бованиях к морфофункциональной и физической подготовленности, предъявляемых к соревновательной деятельности скалолазов. В зарубежной научной литературе (базы данных PubMed и ResearchGate), начиная с 2013 г., были найдены только 6 полнотекстовых публикаций, что определяет актуальность данной работы.

Цель исследования: определение особенностей морфофункциональной и физической подготовленности спортсменов, влияющих на успешность выступления в дисциплине «лазание на скорость».

Методы исследования: анализ информационных источников, сравнительный анализ, метод логических обобщений.



Результаты исследований и их обсуждение

Соревновательная деятельность спортсменов в дисциплине «лазание на скорость» в основном изучалась по видеозаписям этапов Кубка Мира по скалолазанию, размещенных на официальном сайте или YouTube-канале Международной федерации спортивного скалолазания [1, 2, 3]. Только один исследователь Legreneur P. [4] проводил самостоятельную видеосъемку во время Юниорских Олимпийских игр 2018 года.

Основные кинематические параметры скоростного забега у мужчин впервые представлены в работе 2018 г. у польского автора Krawczyk M. [1]. Изучались лучшее индивидуальное и среднее время лазания, время реакции в лучшем забеге и среднее время реакции всех забегов,

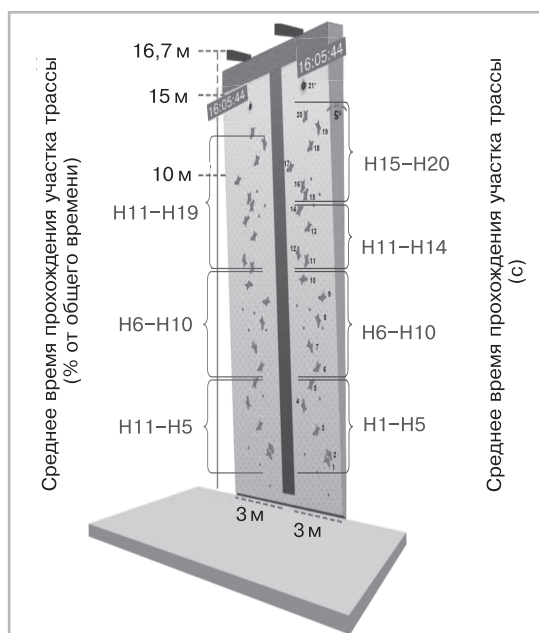


Рис. 1. Схема расположения зацепов и деление эталонной трассы на участки в дисциплине «лазание на скорость» [2, 3]

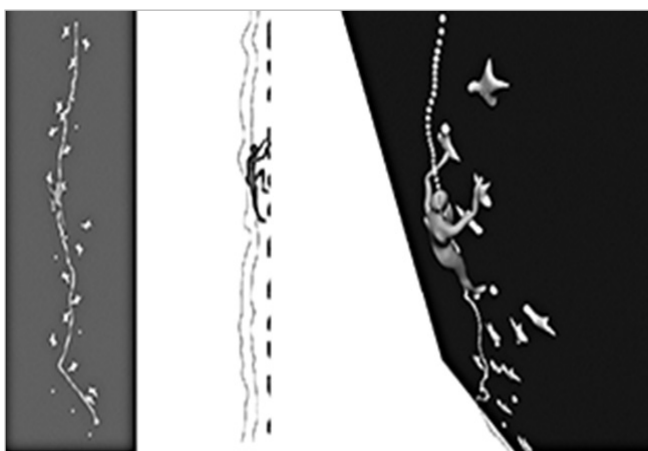


Рис. 2. Траектория и скорость перемещения трехмерной модели скалолаза в дисциплине «лазание на скорость» [5]

время самого быстрого забега без учета времени реакции и среднее время чистого лазания без учета времени реакции.

Время прохождения отдельных участков трассы (рис. 1) у мужчин и женщин различных возрастных категорий анализировалось в научных публикациях французского и китайского ученых [2, 3]. Legreneur P. [2] оценивал соотношение времени прохождения трех участков трассы в процентах от общего времени лазания у 42 скалолазов 14–18 лет: участок от 1-го до 5-го большого зацепа; от 6-го до 10-го зацепа (конца первого динамического прыжка); от 11-го до 19-го зацепа (конца второго динамического прыжка). Chen R. [3], напротив, изучал абсолютное время прохождения четырех участков у скалолазов старше 16 лет, где первые 2 участка трассы идентичны предыдущему исследованию [2], однако последний участок трассы в данной работе рассматривался как участок от 11-го до 14-го и от 15-го до 20-го зацепов.

Детальные исследования биомеханики соревновательного упражнения скалолазов в дисциплине «лазание на скорость» проводились на основе трехмерной видеосъемки в лабораторных условиях [5] и нейронных сетей для обработки видеозаписей [6].

Французский ученый Reveret L. [5] проводил трехмерную (3D) съемку серии максимальных скоростных забегов одной спортсменки с видеоанализом по следующему алгоритму: 3D-сканирование эталонной трассы; создание 3D-модели спортсмена в лабораторных условиях во время имитации движений лазания при помощи 68 камер без использования маркеров; регистрация с разных точек обзора 3D-сетчатой модели спортсмена на видеозаписях двух дронов; монтирование 3D-изображения спортсмена во время лазания. Преимуществом трехмерного анализа движения скалолазов является возможность оценивания в режиме реального времени и траектории перемещения в разных плоскостях (рис. 2) с учетом удаления спортсмена от стены, определения динамики вертикальной скорости, а также длительности захватов верхними и нижними конечностями.

В недавней австрийской работе Pandurevic D. [6] представил новый инструмент видеоанализа соревновательного упражнения в лазании на скорость, включающий: выявление от 19 до 25 точек тела для построения модели спортсмена нейронной сетью OpenPose (рис. 3а); обнаружение ключевых признаков и по кадровое сопоставление движущихся объектов при помощи алгоритма “Greedy Learned Accurate Match Points” для сравнения разных спортсменов и условий соревнований или записи (рис. 3б); определение движения камеры и обнаружение зацепов в каждом забеге нейронной сетью YOLO для получения последовательности движений (рис. 3 в, г); расчет масштабных коэффициентов и преобразование измеренных данных в мировую систему координат. Данный алгоритм позволяет сравнивать последовательность движений скалолазов по показателям положения, скорости и ускорения центра масс тела (ЦМТ), углам в суставах, а также времени контакта между зацепами.

На основе анализа кинематических параметров зарубежные исследователи изучали особенности морфофункциональных и двигательных проявлений скалолазов





Рис. 3. Алгоритм обработки видеозаписей соревновательного упражнения скалолазов с использованием нейронных сетей [6]

в соревновательном упражнении в дисциплине «лазание на скорость».

Динамика вертикальной скорости перемещения ЦМТ спортсменов во время прохождения эталонной трассы анализировалась в работе Legreneur P. [2]. Было выявлено значительное снижение скорости после 5-го большого зацепа и двух динамических прыжков, при этом большую трудность при выполнении ускорений испытывали женщины, что автор связывал с половыми различиями телосложения, а также более низким развитием силовых и анаэробных способностей.

В научной публикации Krawczyk M. [1] исследовал влияние сокращения времени реакции спортсмена в скоростном забеге на окончательный результат в дисциплине «лазание на скорость», однако автором не было выявлено значимой взаимосвязи времени реакции самого быстрого забегавшего с лучшим временем лазания ($r = 0,57; p > 0,05$).

Krawczyk M. [1] также оценивал уровень мощности, требуемый спортсменам во время лазания для перемещения веса своего тела на расстояние 15 м за минимальное время. Использовалась формула Маргарии – Каламена для оценки мощности самого быстрого и среднего набора высоты, вычисляемая как произведение массы тела спортсмена на силу тяжести и высоту преодолеваемой трассы, деленное на время её преодоления. Корреляционный анализ Пирсона выявил высокую взаимосвязь относительных показателей мощности самого быстрого ($r = -0,982; p < 0,05$) и среднего набора высоты ($r = -0,899; p < 0,05$) с лучшим индивидуальным временем лазания, что выделяет мощность как фактор, влияющий на результат в дисциплине «лазание на скорость»: чем выше мощность, тем меньше время преодоления соревновательной трассы.

Legreneur P. [2] применил регистрацию боковых смещений ЦМТ спортсменов при прохождении дистанции, что позволило объективизировать параметры соревновательной деятельности: уточнена оценка длины пути скалолазов; сформированы предпосылки для определения стратегии прохождения эталонной трассы с выделением большей прямолинейности перемещения у мужчин относительно женщин. Причиной этого автор рассматривает более короткие, чем у мужчин, верхние конечности женщин, требующие выполнения длинных динамических прыжков, чтобы достать до зацепа или финальной кнопки.

Важность продольных размеров тела и конечностей у скалолазов высокой квалификации при выборе стратегии прохождения маршрута позднее изучал канадский ученый Kassirer E. [4]. В работе оценивался показатель коэффициента реализации техники (S), который рассчитывался как отношение вертикального смещения между зацепами на общую длину пути. Коэффициент реализации техники, близкий к единице, свидетельствовал о прямолинейности перемещения спортсмена.

При прохождении трассы с 3-го по 7-й большой зацеп автор выделял прямой, широкий и длинный маршруты (рис. 4). Самый высокий коэффициент техники наблюдался при прямом варианте маршрута ($S = 0,993$), который выбирали 17% высоких спортсменов (> 173 см) и 58% – низких спортсменов (< 173 см). Оставшиеся 83% высоких спортсменов использовали широкий маршрут ($S = 0,895$), 42% низких спортсменов – длинный ($S = 0,870$). При прохождении трассы высокие скалолазы в среднем контактировали с 9 зацепами, что статистически значительно отличает их от невысоких скалолазов, контактировавших с 11 зацепами. Таким образом, стратегия прохождения трассы высокогорных скалолазов, по сравнению со спортсменами с наименьшей длиной тела, заключается в использовании вариации движений, сводящих к минимуму количество контактных зацепов за счет больших горизонтальных или вертикальных перемещений.

Количество ошибок у мужчин и женщин, допущенных на разных этапах соревнования, в разных позициях и на различных участках прохождения дистанции рассматривалось в научной публикации Chen R. [3]. Этапами с самым высоким уровнем ошибок среди скалолазов – мужчин и женщин – были медальные раунды соревнований (финал и малый финал) – более 50%, при этом в полуфиналах установлен самый низкий показатель ошибок – 28,57%. Такие результаты авторы связывают со снижением уровня силы и высокой психологической тревогой в условиях финала соревнований.

Наибольшее количество ошибок у мужчин и женщин наблюдалось в положении, когда оба спортсмена преодолевали трассу приблизительно с одинаковой скоростью, перемещаясь в равной конкурирующей позиции, что может быть связано с уровнем страха спортсменов быть настигнутым или преследуемым, и другими психологическими факторами. Если сравнивать количество ошибок



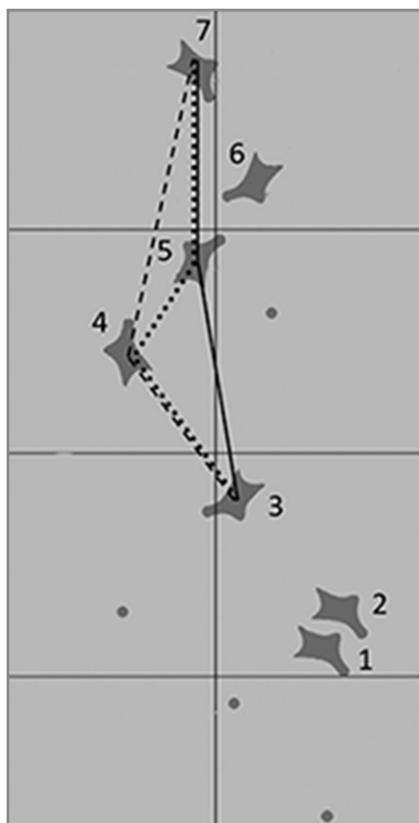


Рис. 4. Стратегия прохождения 1-й части эталонной трассы:

Прямой путь: 3–5–7 (прямая линия).

Широкий путь: 3–4–7 (пунктирная линия).

Длинный путь: 3–4–5–7 (линия с точками) [4].

на различных участках эталонной трассы, то мужчины чаще допускали ошибки во время бега по дистанции или финиша, а женщины только во время финиша.

Выводы

1. Основные кинематические параметры соревновательного упражнения в дисциплине «лазание на скорость» регистрируются при помощи двумерной и трехмерной видеосъемки с последующим анализом в специальных программах или нейронными сетями и включают:

- реальное время прохождения общей дистанции и отдельных участков трассы, время реакции и время прохождения дистанции без учета времени реакции, время контакта верхних и нижних конечностей с зацепами;

- траекторию перемещения центра массы тела скалолазов в разных плоскостях с учетом амплитуды движения между зацепами и удаления спортсменов от стены;

- динамику вертикальной скорости перемещения центра массы тела скалолазов по эталонной трассе;

- количество контактных зацепов.

2. Анализ соревновательной деятельности в дисциплине «лазание на скорость» по данным зарубежных научных публикаций выявляет особенности морфофункционального статуса и физической подготовленности скалолазов, влияющие на успешность выступления:

- продольные размеры тела спортсменов являются предпосылками выбора стратегии прохождения трассы (способ перемещения и количество контактных зацепов): высокорослые спортсмены предпочитают использовать вариации движений, сводящие к минимуму количество контактных зацепов за счет больших горизонтальных или вертикальных перемещений; напротив, спортсмены с наименьшей длиной тела, ограниченные естественной амплитудой вертикальных и горизонтальных перемещений по трассе, вынуждено используют большее количество контактных зацепов, проходя более длинный путь;

- биологически закономерные половые различия в абсолютных размерах тела, силовых и анаэробных способностях проявляются в наименьшей вариабельности скорости прохождения по эталонной трассе у мужчин относительно женщин;

- развитие силовых способностей и психологическая подготовленность спортсменов влияют на количество ошибок, допущенных на разных этапах соревнования, позициях и участках трассы. Наибольшее количество ошибок характерно для медальных раундов соревнований, что усиливается при конкурентной позиции соперников на трассе; мужчины чаще допускают ошибки при лазании по дистанции или финише, а женщины – только на финише.

Литература

1. *Krawczyk, M.* Evaluation of the level of anaerobic power and its effect on speed climbing performance in elite climbers / M. Krawczyk, R. Rokowski, T. Ambroży, K. Görner, M. Ozimek, P. Mariusz, P. Draga, A. Stanula, D. Mucha // Trends in Sport Sciences. – 2018. – Vol. 3. – No. 25. – Pp. 149–158.
2. *Legreneur, P.* Kinematic Analysis of the Speed Climbing Event at the 2018 Youth Olympic Games / P. Legreneur, I. Rogowski & T. Durif // Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering. – 2019. – Vol. 22. – No. S1. – Pp. 264–266.
3. *Chen, R.* A Time-Motion and Error Analysis of Speed Climbing in the 2019 IFSC Speed Climbing World Cup Final Rounds / R. Chen, Z. Liu, Y. Li, J. Gao // International Journal of Environmental Research and Public Health. – 2022. – Vol. 19. – No. 6003. – Pp. 1–8.
4. *Kassirer, E.* Characterizing Route Strategy in Professional Speed Climbing With Respect to Athlete Height / E. Kassirer, S. Salitra // Science One Research Projects. – 2021. – 17 p.
5. *Reveret, L.* 3D Visualization of Body Motion in Speed Climbing / L. Reveret, S. Chapelle, F. Quaine, P. Legreneur // Frontiers in psychology – 2020. – Vol. 11. – Article 2188. – Pp. 1–8.
6. *Pandurevic, D.* Analysis of Competition and Training Videos of Speed Climbing Athletes Using Feature and Human Body Keypoint Detection Algorithms / D. Pandurevic, P. Draga, A. Sutor, K. Hochradel // Sensors. – 2022. – Vol. 22. – No. 6. – Pp. 1–17.



References

1. Krawczyk, M., Rokowski, R., Ambroży, T., Görner, K., Ozimek, M., Mariusz, P., Draga, P., Stanula, A. and Mucha, D. (2018), Evaluation of the level of anaerobic power and its effect on speed climbing performance in elite climbers, *Trends in Sport Sciences*, vol. 3, no 25, pp. 149–158.
2. Legreneur, P., Rogowski, I. and Durif, T. (2019), Kinematic Analysis of the Speed Climbing Event at the 2018 Youth Olympic Games, *Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering*, vol. 22, no. S1, pp. 264–266.
3. Chen, R., Liu, Z., Li, Y. and Gao, J. (2022), A Time-Motion and Error Analysis of Speed Climbing in the 2019 IFSC Speed Climbing World Cup Final Rounds, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 19, no. 6003, pp. 1–8.
4. Kassirer, E. and Salitra, S. (2021), *Characterizing Route Strategy in Professional Speed Climbing With Respect to Athlete Height*, Science One Research Projects, 17 p.
5. Reveret, L., Chapelle, S., Quaine, F. and Legreneur, P. (2020), 3D Visualization of Body Motion in Speed Climbing, *Frontiers in psychology*, vol. 11, article 2188, pp. 1–8.
6. Pandurevic, D., Draga, P., Sutor, A. and Hochradel, K. (2022), Analysis of Competition and Training Videos of Speed Climbing Athletes Using Feature and Human Body Keypoint Detection Algorithms, *Sensors*, vol. 22, no. 6, pp. 1–17.

