

## ФАКТОРНЫЙ АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКИХ ОШИБОК В СПРИНТЕРСКОМ БЕГЕ

**А. А. Померанцев**

*Липецкий государственный педагогический университет имени  
П. П. Семенова-Тян-Шанского, Липецк, Россия  
e-mail: ldclipetsk@mail.ru*

В исследовании с помощью факторного анализа изучались технические ошибки в спринтерском беге. Отклонения от оптимальной техники фиксировались экспертами на основе замедленного воспроизведения видеозаписи бега. В результате факторного анализа были интерпретированы 8 основных факторов нарушения техники.

Factor analysis was used to understand technical mistakes in sprint running. Deviations from the optimal movements were fixed by experts on the basis of slow playback of video. Finally 8 major factors of technical defects were interpreted.

**Ключевые слова:** биомеханика; технические ошибки; экспертная оценка; спринтерский бег; факторный анализ.

**Keywords:** biomechanics; technique mistakes; expert evaluation; sprint; factor analysis.

**Введение.** Человек является сложной биомеханической системой, включающей абсолютную взаимосвязь и взаимную подчиненность элементов. Понимание того, как связаны элементы движения между собой, позволяет лучше «настраивать» биомеханическую систему, совершенствуя техническую подготовку спортсмена.

Факторный анализ как инструмент аналитики все чаще находит свое применение в спорте [1, 2, 5]. Во многом, данная тенденция, также связана с доступностью программных приложений по математической статистике.

Свое исследование мы начали с большого количества двигательных ошибок, и в процессе анализа попытались дать адекватную интерпретацию большого объема переменных.

Многие ошибки в технике имеют существенную взаимосвязь, а в некоторой степени являются проявлением общих закономерностей. Таким образом, информация сразу обо всех технических ошибках является избыточной. Мы предполагаем, что за взаимосвязанными ошибками, скрывается влияние некоторых неочевидных факторов, с помощью которых возможно проще проанализировать, а также объяснить технику бега.

**Целью исследования** являлось выявление факторов возникновения технических ошибок в спринтерском беге.

**Методы и организация исследования.**

В исследовании приняли участие 10 спортсменов возрастом 17-18 лет. Каждый спортсмен имел 25 метров для разбега. Перед каждым стартом спортсменам давалась установка бежать с максимальной скоростью. При проведении

видеосъемки в объектив видеокамеры попадали полностью два беговых шага. Для исследования использовалась камерой Fastec InLine с частотой 250 кадров в секунду и разрешением 640x480 пикселей [4].

Далее, десяти действующим тренерам по лёгкой атлетике г. Липецка (Россия) были продемонстрированы видеозаписи скоростной съемки техники бега десяти спортсменов. Эксперты фиксировали ошибки по каждому спортсмену, а также выставляли интегральную оценку техничности.

В целях единообразия и возможности оцифровки данных были сформулированы 16 типичных ошибок, наиболее часто встречающихся в технике спринтерского бега (таблица).

*Таблица*

**Индексация типичных ошибок в технике спринтерского бега**

#1. Недостаточный вынос бедра вперед-вверх	#9. Руки недостаточно отводятся назад
#2. Отсутствие активного продвижения таза вперед	#10. Сильный наклон туловища вперед
#3. Неполное отгалкивание	#11. Отклонение туловища назад
#4. Неправильная постановка стоп	#12. Сгибание ноги во время её постановки на опору
#5. Постановка стопы с пятки на носок	#13. Голова опущена вниз
#6. Излишняя напряженность, закрепощенность в беге	#14. Кисти рук напряжены
#7. Большой угол в локтевых суставах	#15. Медленное сведение бедер
#8. Неправильные движения рук в поперечном направлении	#16. Запрокидывание головы

Оцифровка протоколов экспертных оценок позволила сформировать первичный массив данных объемом 1700 значений: 10 экспертов x 10 спортсменов x 17 ошибок (включая интегральную оценку).

Для факторизации полученной корреляционной матрицы взаимосвязи технических ошибок был использован метод главных компонент [3]. Нами использовалась программа Deductor Academic ([www.basegroup.ru](http://www.basegroup.ru)). Метод главных компонент заключался в выборе новой ортогональной системы координат в пространстве наблюдений двигательных ошибок. В качестве первой главной компоненты было выбрано направление, вдоль которого массив данных имеет наибольший разброс. В нашем случае такой компонентой оказался фактор, включающий интегральную оценку техничности. Выбор каждой главной последующей компоненты происходил так, что разброс данных вдоль нее был максимальным и так, чтобы эта главная компонента была ортогональна другим главным компонентам, выбранным прежде. В результате было получено несколько главных компонент, каждая следующая из которых несет все меньше информации из исходного набора.

Таким образом, исследование включало последовательное применение нескольких методов.

1. Метод скоростной видеосъемки.
2. Метод экспертных оценок.
3. Метод математико-статистической обработки данных (факторный анализ).

**Результаты исследования и их обсуждение.** В исследовании был использован метод факторного анализа – «варимакс», позволивший минимизировать количество переменных, имеющих высокие нагрузки на конкретный фактор. После расчета факторных нагрузок для каждой типичной ошибки были определены: объём объясняемой дисперсии в процентах, а также суммарный процент дисперсии.

Исследование показало, что существенное значение на возникновение технических ошибок имеют 8 факторов (рис. 1).

Сумма квадратов нагрузок после вращения		
Значение	Значение в %	Сумма в %
1,9284	11,344	11,344
1,7109	10,064	21,408
1,3294	7,820	29,228
1,4032	8,254	37,482
1,4493	8,525	46,007
1,5185	8,932	54,939
1,2716	7,480	62,419
1,4293	8,408	70,827

Рис. 1. Суммарный вклад каждого полученного фактора с указанием доли воспроизводимой ими дисперсии

Также была рассчитана нагрузка факторов. Нагрузкой в факторном анализе принято называть корреляцию между исходными данными и выявленными факторами (рис. 2).

Переменные	Окончательные факторы (Варимакс метод)							
	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3	Фактор 4	Фактор 5	Фактор 6	Фактор 7	Фактор 8
Ошибка 1	0,6998							
Ошибка 2	0,5658							
Ошибка 3			-0,6855					
Ошибка 4					0,7581			
Ошибка 5					0,7273			
Ошибка 6				0,7503				
Ошибка 7	0,4933							0,5435
Ошибка 8						-0,7766		
Ошибка 9							0,7322	
Ошибка 10		-0,7987						
Ошибка 11						0,6039		
Ошибка 12			-0,7744					
Ошибка 13		-0,7971						
Ошибка 14				0,6974				
Ошибка 15							-0,6977	
Ошибка 16								-0,8297
Оценка	-0,8034							

Рис. 2. Нагрузка ошибок техники спринтерского бега на выявленные факторы

Анализируя ошибки, а также уровни их нагрузки, были интерпретированы следующие существенные факторы:

Фактор № 1 – фактор ошибок в выносе бедра.

Фактор №2 – фактор, связанный с неправильным наклоном туловища.

Фактор №3 – фактор ошибок, связанных с отталкиванием.

Фактор №4 – фактор закрепощенности.

Фактор № 5 – фактор, связанный с неправильной постановкой стопы.

Фактор № 6 – фактор неправильной работы рук.

Фактор № 7 – фактор взаимосвязи движения рук и ног.

Фактор № 8 – фактор взаимосвязи движения рук и положения головы.

**Выводы.** Факторный анализ позволил структурировать большое количество технических ошибок в технике спринтерского бега: 17 типичных ошибок были объяснены восемью наиболее значимыми факторами. Полученный уменьшенный массив данных может быть использован в дальнейшем для построения регрессионных моделей технической подготовки, обучения нейронной сети или прогнозирования спортивного результата.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. *Алексеева И. В., Петров А. Б.* Факторная структура специальной физической и технической подготовленности борцов-самбистов разных возрастных групп // Теория и практика физической культуры. 2010. № 6. С. 69–72.

2. *Квашиук П. В., Семаева Г. Н., Маслова И. Н.* Факторный анализ биомеханических показателей гребли мужчин-байдарочников // Ученые записки университета имени П. Ф. Лесгафта. 2015. № 9 (127). С. 114–116.

3. *Корольков А. Н.* Оценка общей физической подготовленности с помощью центроидного метода главных компонентов для многих переменных // Вестник спортивной науки. 2013. № 1. С. 15–19.

4. *Коршиков В. М., Померанцев А. А.* Биомеханика: учебное пособие для студентов вузов. Липецк : ФГБОУ ВПО «Липецкий гос. пед. ун-т», 2012. 240 с.

5. *Самсонова А. В.* Возможности применения факторного анализа для решения задач в области физической культуры и спорта : материалы итоговой науч.-практ. конф. профессорско-преподавательского состава Санкт-Петербургского государственного университета физической культуры имени П. Ф. Лесгафта за 2005 г. 2006. С. 21–22.