

## ОЦЕНКА ПОГРЕШНОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБРАБОТКИ ВИДЕОМАТЕРИАЛОВ В ПРИКЛАДНЫХ БИОМЕХАНИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

*Екимов В.Ю.,*

*Волков Ю.О.,*

*Пономаренко В.К.*, канд. физ.-мат. наук, доцент,

Белорусский государственный университет физической культуры,

Республика Беларусь

Биомеханика физических упражнений развивается в направлении практических приложений, то есть в разработке методов использования теории биомеханики в практике работы специалистов в области физической культуры и спорта. Возможности реализации этого направления обусловлены высокими темпами развития информационных технологий.

Прикладная биомеханика призвана формировать у специалистов практические навыки анализа спортивных движений.

На кафедре биомеханики БГУФК разработана и внедрена методика биомеханического анализа путем видеосъемки спортивных движений и последующей обработки ее результатов, предложена технология реализации методики для практических специалистов физической культуры и спорта, тех, кто непосредственно работает с людьми на стадионах, в залах и бассейнах.

Существует точка зрения, что «...ограниченность классических расчетных методов для получения по перемещениям точек данных о величинах ускорений и сил в двигательных действиях с изменением положений звеньев вытекает хотя бы из тех обстоятельств, что при любых движениях живых тел нет, во-первых, возможностей для объективной оценки постоянных изменений направлений смещений внутренних органов, масс крови и лимфы. Во-вторых, у двигательных действий человека как системы появляются новые системные свойства, например такие, как передача сил или энергии от звена к звену, что в рамках обычно принятых алгоритмов расчетов не учитывается» (И.П. Ратов, Г.И. Попов, 1996) [1]. С высказанным мнением следует согласиться, однако проблемы точности измерений существуют при использовании любого метода. Существенную значимость приобретает проблема оценки возможностей и ограничений метода в получении объективной информации.

Поиск решения проблемы возможен в рамках теории ошибок. При этом могут быть рассмотрены ошибки измерений, метода и округлений.

Цель исследования и его этапы. При дальнейшем анализе объектом нашего изучения будут выступать ошибки измерений и ошибки метода, а также возможности их уменьшения. Большой объем информации по использованию метода студентами и аспирантами позволяет осуществить оценку точности метода и предложить методические рекомендации по его использованию.

На первом этапе три независимых исследователя провели измерения угловых значений суставов тела спортсмена на одном и том же экспериментальном материале. На рисунке 1 обозначены измеряемые углы.

Всего было выполнено по 100 измерений тупого и острого углов. Итого 600 измерений. Для описания полученных результатов были рассчитаны статистические характеристики: среднее арифметическое значение, медиана, мода, дисперсия, стандартное отклонение. Полученные результаты измерений, а также их описательная статистика, представляют собой довольно громоздкую таблицу, которая приведена в более ранних публикациях [2]. Следует отметить, что при измерении тупого угла стандартное отклонение результатов, полученных разными исследователями, составило от 1,13 до 1,16 градусов, а при измерении острого угла – от 1,52 до 1,69 градусов.

Полученные результаты расчетов позволяют сделать вывод, что ошибка измерения тупого угла меньше, чем острого. Появляется возможность сформулировать методическое указание для пользователей прикладной методики: в случае необходимости оперирования с острым углом для повышения точности измерения следует измерить тупой угол, дополняющий измеряемый угол до 180° (рисунок 2), и при работе с функциями этого угла учитывать, что значения функций острого угла положительны. Такой технический прием позволяет уменьшить ошибку измерений.



Рисунок 1 – Углы, выступающие в качестве объекта измерений

Получить меньшую погрешность измерений возможно за счет увеличения изображения (современный уровень развития информационных технологий широко предоставляет нам такую возможность).

Стоит обратить внимание на то, что, несмотря на различие результатов измерений, проведенных разными исследователями, статистические характеристики этих результатов отличаются незначительно, что позволяет предполагать, что полученная погрешность измерений обусловлена объективными причинами и характеризует высокую степень точности измерений и информативности метода.



Рисунок 2 – Пример замены острого угла в локтевом суставе (черные линии) углом, характеризующим отклонение предплечья от прямого положения (белые линии)

Второй этап был посвящен определению степени точности показателей программы места исследуемого движения [3].

Целью этапа исследования является оценка точности и корректности интерпретации характеристик движения спортсмена.

Для этого вначале было проведено 10 измерений координат  $X$  и  $Y$  положения ОЦТ тела спортсменки при выполнении последнего шага и отталкивания в прыжке в длину (рисунок 3) в единицах измерения программы RasChT. Затем, используя масштабный коэффициент, мы перевели результаты в метрическую систему с целью получения стандартного отклонения показателей. Результаты были приведены нами ранее [2]. Точность измерения в рамках принятой нами модели оказалась достаточно высокой – стандартное отклонение от среднего значения не более 2,6 мм. Это весьма положительно характеризует не только старание исследователя, но и сам метод получения результатов измерения.



Рисунок 3 – Траектория движения общего центра тяжести тела спортсменки (частота съемки 100 к/с)

После получения показателей координат общего центра тяжести, оценка которых была проведена выше ( $n=10$ ), мы определили горизонтальную и вертикальную составляющие скорости и суммарное ускорение. Далее осуществлялась оценка статистических характеристик полученных результатов. По причине ограниченности объема статьи мы не приводим здесь полные таблицы с результатами и их статистическими характеристиками [2]. Для оценки центральной тенденции выборки мы рассчитывали среднее арифметическое значение. Медиана и мода определялись нами с целью оценки характера распределения полученных результатов. Отбрасывая максимальные и минимальные значения, которые можно считать грубыми ошибками измерения, в большинстве случаев можем утверждать о нормальном распределении полученных результатов.

Для оценки степени разброса полученных результатов мы рассчитывали дисперсию, стандартное отклонение, стандартную ошибку среднего арифметического и коэффициент вариации. Этот разброс обусловлен погрешностями измерений. Оценка разброса позволит выработать методические рекомендации для пользователей метода, предлагаемого в качестве прикладного в биомеханическом анализе.

Горизонтальная составляющая скорости в прыжке в длину предоставляет возможность судить об эффективности выполнения упражнения, поскольку от величины кинетической энергии, приобретаемой в разбеге, и действенности использования ее в отталкивании, существенно зависит результат.

Характеристики результатов измерений горизонтальной составляющей скорости показывают, что они являются информативными, поскольку при изменении среднего значения от 6,51 до 7,41 м/с стандартное отклонение не превышает 7 см/с (около 1 % от среднего значения). При этом по сравнению с результатами определения координат общего центра тяжести ошибка естественным образом возросла.

Что касается вертикальной составляющей скорости, то абсолютные показатели отклонения колеблются в том же диапазоне значений (от 0,043 до 0,109 м/с). Однако, ввиду того, что по сравнению

со скоростями по горизонтали показатели скорости по вертикали в прыжках в длину существенно ниже (не более 1,00 м/с), коэффициент вариации принимает более высокие значения.

Суммарное ускорение при многократном измерении имеет существенно больший разброс (коэффициент вариации  $V=23\pm 12\%$ ), это обуславливает необходимость использования дополнительных приемов для получения корректной информации. Коэффициент вариации, превышающий 20 %, свидетельствует о большом разбросе данных (т. е. о наличии серьезных ошибок), возникающую ошибку можно уменьшить приведенным ниже способом. Использование высокой частоты видеосъемки чрезвычайно полезно в плане точного выявления моментов времени начала и окончания исследуемых процессов. Поэтому целесообразно точно определяя начало и окончание процесса, усреднять показатели в рамках выбранного временного отрезка.

**Выводы.** Результаты измерения угловых значений и расчет их характеристик позволяют сделать вывод, что ошибка измерения тупого угла меньше, чем острого, вследствие чего для повышения точности следует измерять тупой угол, дополняющий исследуемый угол до  $180^\circ$ , а также увеличивать изображение.

При различных результатах измерений, проведенных разными исследователями, статистические характеристики отличаются незначительно, что позволяет предполагать, что полученная погрешность обусловлена объективными причинами и характеризует высокую степень точности измерений и информативность метода.

Метод прикладного биомеханического анализа дает возможность получать информацию с достаточной степенью точности, подтверждением этому являются результаты второго этапа, когда ошибка в определении положения общего центра тяжести не превышает 2,6 мм.

Метод позволяет с достаточной степенью точности определить горизонтальную и вертикальную составляющие скорости (не более, чем  $\pm 7$  см/с). Однако специфика выполняемого двигательного действия, при котором вертикальная составляющая скорости существенно ниже, приводит к более высокой относительной ошибке при определении этой составляющей.

Суммарное ускорение общего центра тяжести имеет существенно больший разброс показателей, поскольку ускорение является второй производной от перемещения по времени.

Измерения следует проводить с высокой частотой съемки, что позволяет точнее определять начало и конец процесса, усредняя показатели в рамках выбранного временного отрезка.

Не претендуя на достаточный охват проблемы, обозначенной в названии работы, авторы считают, что необходимо проведение ряда дополнительных исследований и анализа их результатов.

1. Ратов, И. П. Влияние научного подхода Н. А. Бернштейна на методологию и направление развития спортивной экспериментальной биомеханики / И. П. Ратов, Г. И. Попов // Библиотека международной спортивной информации [Электронный ресурс]. – М., 1996. – Режим доступа: <http://bmsi.ru/doc/f139c57a-5ce6-4463-a3f2-d697502bfff4>. – Дата доступа: 08.02.2016.

2. Екимов, В. Ю. Оценка погрешности измерений в прикладных биомеханических исследованиях спортивных движений / В. Ю. Екимов, Ю. О. Волков, В. К. Пономаренко // Вісник Чернігівського національного педагогічного університету імені Т. Г. Шевченка. – Вип. 112, т. 2 / Чернігівський національний педагогічний університет імені Т. Г. Шевченка; гол. ред. М. О. Носко. – Чернігів: ЧНПУ, 2013. – С. 18–27.

3. Назаров, В. Т. Движения спортсмена / В. Т. Назаров. – Минск: Полымя, 1984. – 264 с.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НИЗКОКАЛОРИЙНЫХ ДИЕТ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ МАССЫ ТЕЛА В СПОРТИВНОЙ ПРАКТИКЕ

*Еншина А.Н.*, канд. мед. наук, доцент,  
Белорусский государственный университет физической культуры,  
Республика Беларусь

Существует множество рекомендаций по снижению массы тела: диеты по Брэггу, Шаталовой, раздельное питание, разгрузочные диеты и т. д. [1].