МИНИСТЕРСТВО СПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОЛГОГРАДСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ»

Биомеханический анализ техники метания копья: факторы максимальной дальности снаряда

Сравнительный анализ хлёстообразного механизма передачи кинетической энергии и аэродинамических параметров вылета

Выполнил: студент группы 201 Спорт(б)
Степанов А. М.

Научный руководитель:
к.п.н., доцент Лущик И. В.

ВВЕДЕНИЕ В ДИСЦИПЛИНУ

Общая характеристика метания копья

Определение двигательного действия

Метание копья — ациклическое локомоторно-баллистическое упражнение, требующее трансформирования горизонтальной скорости разбега в максимальную начальную скорость вылета аэродинамического снаряда.

Главная биомеханическая задача

Создание последовательного импульса от крупных мышц нижних конечностей к мелким звеньям верхней конечности по принципу «физического хлыста».



ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

Основные механические принципы метания

Принцип 1

Накопление кинетической энергии

Набор разгоночной скорости (6-8 м/с) на предварительном участке разбега с сохранением выпрямленного положения тела.

Принцип 2

Упругая деформация (Натяжение)

Создание обгоняющего движения таза относительно плечевого пояса в фазе скрестного шага для растяжения мышечных цепей.

Принцип 3

Жесткий финальный упор

Мгновенное торможение нижней части тела левой ногой с мгновенным передачей импульса в плечо, локоть и снаряд.

СТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ

Фазовая структура движения

ФАЗА I

Предварительный разбег

Циклический бег 6-10 шагов. Набор горизонтальной скорости.

ФАЗА II

Скрестный шаг (Замах)

Отведение снаряда назад, опережение низом верхних звеньев.

ФАЗА III

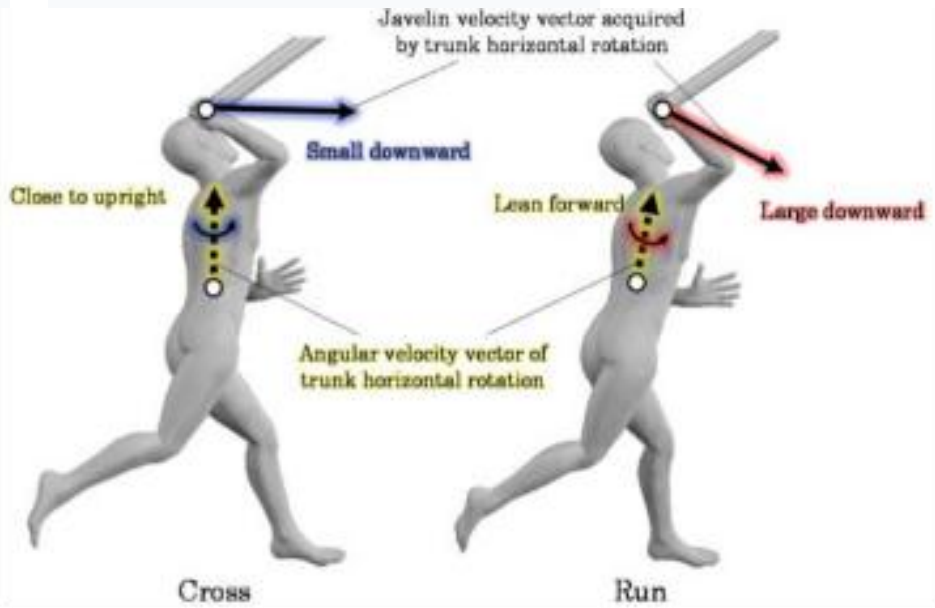
Финальное усилие (Упор)

Постановка левой ноги, натяжение лука, хлёст рукой.

ФАЗА IV

Вылет и сохранение равновесия

Реализация угла вылета и торможение до линии фола.



БИОМЕХАНИЧЕСКИЙ ТРАНСФЕР

Трансформация скорости в финальном усилии

СКОРОСТЬ РАЗБЕГА АТЛЕТА

6÷8 м/с

Исходный горизонтальный импульс

→

СКОРОСТЬ ВЫЛЕТА КОПЬЯ

30+ м/с

Результат суммирования скоростей цепи (~110 км/ч)

ДИНАМИКА ОПОРНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

Силы, действующие в фазе финального усилия



Сила реакции опоры (СРО)
Достигает 6–8 масс тела атлета при жесткой постановке левой стопы.

Мышечно-сухожильная упругость
Растяжение грудных мышц и передней брюшной стенки в положении «поза натянутого лука».

Вращательный момент таза
Быстрый поворот правого бедра вперёд-вверх при зафиксированных плечах.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНИКИ

Две модели техники выполнения финального усилия

Модель №1 — Классическая (Жесткая)

Характеризуется мгновенным блокированием левой ноги без сгибания в коленном суставе и высоким положением локтя.

- Максимальная передача импульса
- Высокие ударные нагрузки на колено
- Крутая траектория вылета

Модель №2 — Современная (Маховая)

Допускает амортизационное микросгибание упорной ноги с более длинным путем разгона снаряда над плечом.

- Увеличенная амплитуда приложения силы
- Снижение травматизма коленного сустава
- Повышенные требования к силе кора

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ БИОМЕХАНИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

Отличительные характеристики моделей метания

Фазы и звенья тела	Модель №1 (Классическая)	Модель №2 (Современная)
Угол в коленном суставе упорной ноги	165° – 175° (Прямой упор)	145° – 155° (Мягкий упор)
Разность углов «Таз - Плечи»	28° – 34°	38° – 45° (Увеличенная скрученность)
Путь воздействия на снаряд	1.8 – 2.1 метра	2.2 – 2.5 метра
Время фазы финального усилия	0.12 – 0.14 сек	0.15 – 0.18 сек
Основной источник ускорения	Жесткая реакция опоры	Работа мышц корпуса и плеча

АЭРОДИНАМИКА СНАРЯДА

Угол вылета и угол атаки

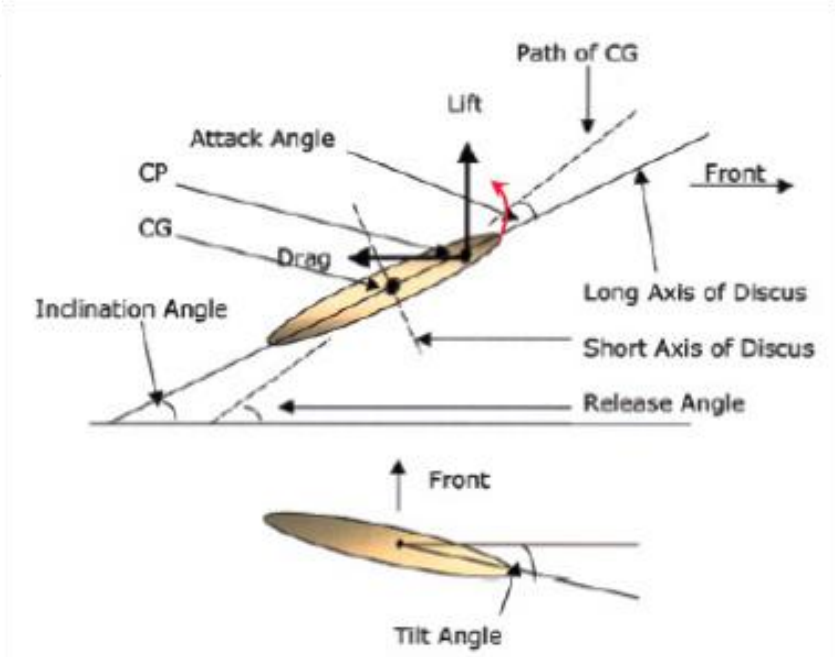


Figure 1. Aerodynamic forces and angles during the discus flight. Top: view from the side, bottom: view from the back. Red arrow depicts the pitching moment. CG=Center of Gravity, CP=Center of Pressure.

Оптимальный угол вылета

32°÷36°

Меньше теоретических 45° из-за планирующих свойств копья.

Угол атаки (Angle of Attack)

Разность между осью копья и вектором скорости его центра масс. Идеальное значение близко к 0° для исключения парусного торможения.

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ

Ключевые факторы успеха в метании

1. **Точное попадание «в ость» снаряда**
   Приложение силы строго вдоль продольной оси копья предотвращает колебания в полёте.

2. **Высокая скорость супинации и пронации предплечья**
   Финальный «закручивающий» рывок кистью придает снаряду стабильность вокруг продольной оси.

3. **Жесткая компенсационная работа левой стороны тела**
   Фиксация левого плеча создает ось вращения для ускорения правой (бросковой) стороны.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

Типичные биомеханические ошибки

«Мягкая» упорная нога
Сгибание левого колена гасит до 40% энергии разбега, снижая начальную скорость вылета.

Преждевременный бросок рукой
Включение руки до срабатывания ног и таза ломает кинематическую цепь и приводит к травмам локтя.

Отклонение оси копья
Увеличение угла атаки создает парусный эффект, уменьшая дальность на 5–12 метров.

ИТОГОВОЕ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выводы биомеханического анализа

- Главным фактором дальности полёта является **начальная скорость вылета**, создаваемая последовательной передачей импульса в кинематической цепи «ноги – таз – корпус – плечо – кисть».
- Современная модель техники с микроамортизацией упорной ноги позволяет увеличить путь приложения силы к снаряду, однако требует высочайшего уровня развития упругой силы мышц кора.
- Оптимизация аэродинамических параметров (угол вылета 32–36° при нулевом угле атаки) обеспечивает минимальное сопротивление воздуха и максимальную дальность полёта.

Спасибо за внимание!

Источники изображений



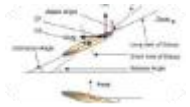
https://c8.staticflickr.com/5/4151/4975878855_63e12953e1_b.jpg
engineeringsport.co.uk



https://jhk.termedia.pl/f/fulltexts/168143/JHK-89-168143-g005.jpg
jhk.termedia.pl



https://d32hqtdnadtdcp.cloudfront.net/wp-content/uploads/2019/08/tf-selected_segment4.png
coachesinsider.com



https://d32hqtdnadtdcp.cloudfront.net/wp-content/uploads/cdlegacy/track/sitemgr_tf-discus_throwing2.jpg
coachesinsider.com