

Slawinski, J. 3D Kinematik of Bunched, Medium and Elongated Sprint Start //J.Slawinski, R. Dumas, L. Cheze, G.Ontanon, C.Miller, A.Mazure-Bunnefoy //Int.J. sports Med., 2012.– V. 33.– 555-560

Дж. Славински с соавт. 3D кинематика сближенного, промежуточного и растянутого старта спринтеров

ABSTRACT

Цель этого исследования состояла в том, чтобы проверить влияние трех различных расстановок колодок (сближенное, среднее и растянутое) на скорость центра масс ($V_{\text{цм}}$) и кинетическую энергию (КЕ) отдельных сегментов тела и тела в целом. 9 высоко тренированных спринтеров выполняли четыре попытки в беге на 10 м с максимальной скоростью. Оптикоэлектронная система анализа движения (Motion Analysis® system, включающая 12 цифровых видеокамер, работающих с частотой 250 Гц использовалась с целью получить 3D траектории 63 маркеров во время выполнения старта с колодок. Полученные результаты свидетельствуют о том, что старт с растянутой расстановкой колодок, по сравнению с сближенным и средним расположением вызывает увеличение $V_{\text{цм}}$ при уходе с колодок ($2,89 \pm 0,13$; $2,76 \pm 0,11$; $2,84 \pm 0,14$ м/с) и однако худшим временем бега на 5 и 10 м. Оба результата объясняются большим временем отталкивания от колодок в растянутом старте. Во время выполнения старта с колодок КЕ всего тела была больше в растянутом старте ($324,3 \pm 48,0$ Дж против $317,4 \pm 57,2$ Дж, в сближенном и $302,1 \pm 53,2$ Дж, в среднем). Эта большая КЕ целого тела, главным образом, объясняется КЕ головы и сегментов туловища. Таким образом, чтобы повысить эффективность фазы старта с колодок, атлет должен достичь большей КЕ головы и сегментов туловища за самое короткое время.

ВВЕДЕНИЕ

Чтобы как можно быстрее пробежать 100 м лучшие спринтеры мира достигают высокой скорости бега (приблизительно 11,98-12,42 м/с). Чтобы достичь этой высокой скорости, в беге на 60 и 100 м важен правильный выход со старта [2, 3, 11, 13, 14, 17]. Выход со старта сильно зависит от расположения колодок (расстояния между колодками и их наклона) [4, 5, 6]. Действительно, каждый спринтер должен приспособить положение колодок под при котором достигается наименьшее время бега или антропометрию.

Одним из самых популярных регуляторов, которые обычно применяется спринтерами, является горизонтальное расстояние между колодками. Различают сближенное расстояние (менее 30 см), промежуточное (30-50 см) и растянутое (более 50 см) [6]. Биомеханические исследования показали, что скорость центра масс ($V_{\text{цм}}$) при выходе с колодок выше, когда расстояние между колодками увеличено, что связано с большим импульсом силы [1, 8, 10,

15]. Это происходит из-за большей длительности приложения силы на колодках и большим «вкладом» сзади стоящей ноги в полной импульс силы [6]. В этих условиях более высокая скорость выхода со старта связана с более длительным временем отталкивания от колодок по сравнению со сближенной расстановкой [4, 8, 16]. Henry [8], Sigerset и Grinaker [16] нашли, что промежуточная расстановка – лучший компромисс, потому что это позволило спринтерам показать лучшее время на 20 и 50 ярдов (то есть 18,3 и 46,7 м).

Согласно Kisler [10] и Henry [8] значительно изменились биомеханические методы и антропометрические характеристики спринтеров. Предыдущие 2D-исследования [1, 15] позволили рассчитать положение и скорость центра масс (ЦМ). Однако, положение и скорость ЦМ зависят от положения и скорости различных сегментов тела. Чтобы понять вклад каждого сегмента в перемещении ЦМ во время выхода со старта, важно иметь 3D-биомеханическую модель, чтобы получить информацию о влиянии на его движение в этих трех плоскостях. Кроме того, расчет кинетической энергии (КЕ) сегментов тела позволяет получить полезную информацию относительно вклада верхних и нижних конечностей в движении тела вперед во время выхода со стартовых колодок [9, 17].

По нашему мнению, нет исследований, посвященных анализу влияния расстояния между колодками на КЕ сегментов тела и соотношений между $V_{цм}$ во время первых шагов со старта, то есть между 5 и 10 м. Именно поэтому первая цель нашего исследования состояла в том, чтобы проверить влияние трех различных расстановок колодок (сближенной, промежуточной и растянутой) на положение ЦМ, скорость ЦМ ($V_{цм}$) и КЕ сегментов тела у высоко тренированных спринтеров. Кроме того, это исследование, позволило бы сформулировать новые критерии для тренеров о влиянии различных расстановок колодок на организацию движения тела атлетов во время выхода со старта. Использование 3D биомеханической модели может дать более точные критерии для тренеров, чтобы они анализировали технику своих атлетов. С этой целью использовалась 3D биомеханическая модель для всего тела, в которой учитывались рекомендации ISB.

Мы предполагали, что изменение позы из-за различного расстояния между колодками приведет к изменению КЕ. Кроме того, большая скорость центра масс должна быть связана с большей КЕ сегментов тела.

МЕТОДЫ

Испытуемые

Девять высоко тренированных спринтеров (3 женщины, и 6 мужчин) приняли участие в этом исследовании. Их возраст варьировал от 17 до 24 лет, средний рост составил $169,0 \pm 2.6$ см у женщин и $180,3 \pm 7.2$ см у мужчин. Их вес составил $57,7 \pm 3,8$ кг у женщин и $74,7 \pm 6.9$ кг у мужчин. Спринтеры входили в национальную сборную и тренировались вместе, по крайней мере, шесть раз

в неделю. Их тренировочный стаж составлял 5–7 лет. Их наилучшее время на 100 м составляло $11,61 \pm 0,42$ с у женщин и $10,58 \pm 0,27$ с у мужчин. Все спринтеры дали письменное согласие на участие в исследовании. Это исследование соответствует рекомендациям Хельсинской Декларации [8] и было одобрено местным Комитетом по Этике.

Организация эксперимента

Эксперимент был проведен в апреле как раз перед соревновательным периодом. Спринтеры были в фазе тренировки, в которой уменьшается количество упражнений в их тренировочной программе (по-видимому объем нагрузки). Эксперимент был проведен утром, во время их обычной тренировки. Спринтеры стартовали с использованием трех различных расстановок стандартных колодок (**рис. 1**).

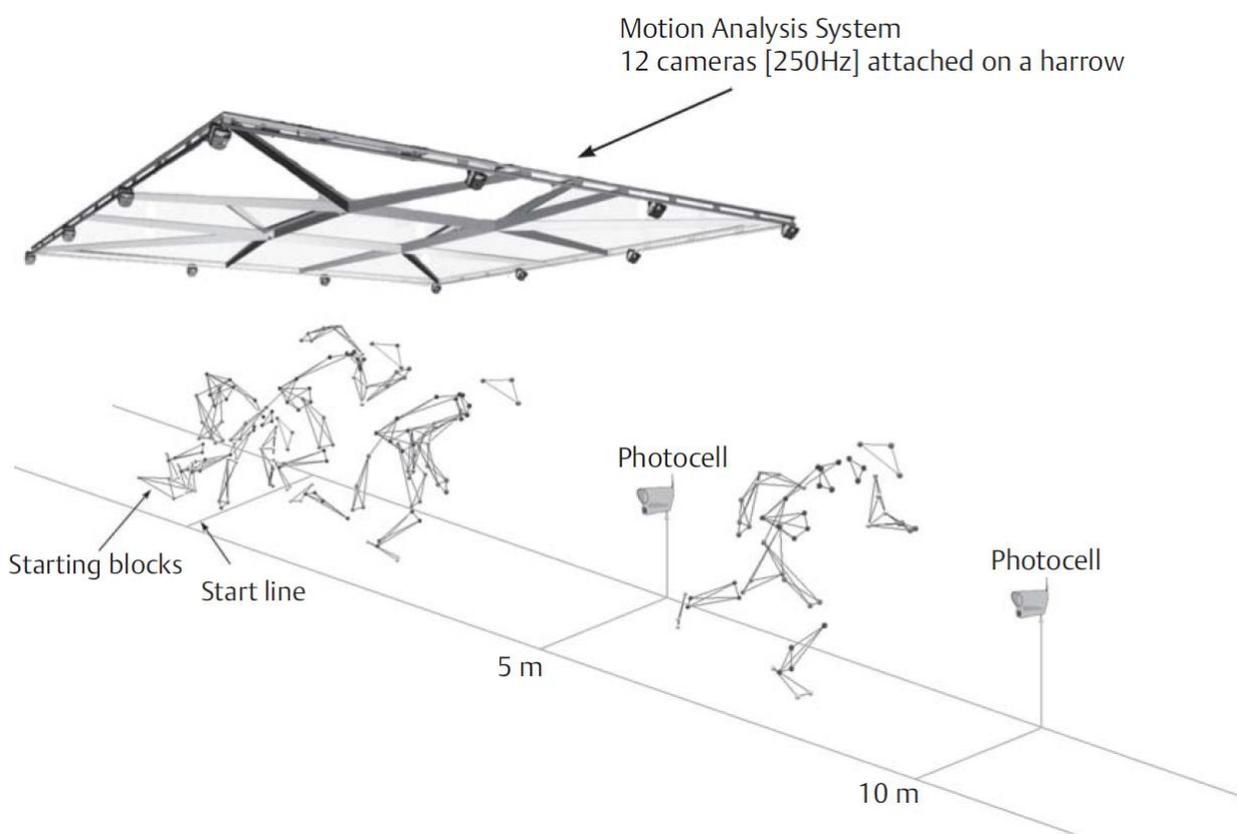


Рисунок 1 Схема проведения эксперимента

Вначале они использовали сближенный старт (расстояние между стартовыми колодками было равно $21,5 \pm 3,2$ см). Затем использовали промежуточную расстановку (расстояние между стартовыми колодками было равно $36,8 \pm 3,5$ см). Затем они использовали растянутый старт (расстояние между колодками было равно $54,8 \pm 3,8$ см). При этом перемещалась только задняя стартовая колодка. Наклон колодок не менялся. В каждом расположении колодок было выполнено по три попытки. Таким образом, каждый спринтер выполнил в

общей сложности 9 выбеганий со старта с последующим бегом 10 м. Пауза отдыха между попытками равнялась 5-7 минутам. Каждое из 3 стартовых положений было рандомизировано для каждого атлета. Важно отметить, что спринтеры обычно начинали с промежуточного расположения стартовых колодок. Чтобы привыкнуть к различному положению стартовых колодок с ними было проведено 4 тренировки, и только потом проводился эксперимент. На спринтера наклеивались 63 пассивных отражающих маркера, и посредством системы оптикоэлектронного анализа движения (Motion Analysis® system 12 цифровых камер с частотой 250 Гц) регистрировались 3D траектории каждого маркера во время фазы выхода со старта и первого шага [17].

Анализ данных

Чтобы проанализировать результаты, были определены критические фазы: положение «На старт», положение «Внимание», выход со стартовых колодок и отрыв стопы в первом шаге. На основе этого были определены две фазы: фаза выхода со стартовых колодок (когда бегун еще находится в контакте с колодками) и первый шаг.

Время

Время реакции (RT) было измерено системой reactime^{RT} (Microgate, Bolzano, Italy). Время пробегания 5 м и 10 м (T5 и T10) было зарегистрировано, используя фотоэлементы (Microgate, Bolzano, Italy). Высота фотоэлементов была установлена на уровне 1 м.

Положение, скорость ЦМ и кинетическая энергия

Для этого исследования использовалась 16-ти звенная модель тела человека: голова с шеей, грудная клетка, нижняя часть туловища, таз, два плеча, два предплечья, две кисти, два бедра, две голени и две стопы. Суставы правой и левой части тела были соответственно связаны с впередистоящей и сзадистоящей ногой в стартовых колодках. ЦМ был вычислен на основе центров масс сегментов. Кроме того, в каждый критический момент, определялись вертикальное и горизонтальное положения ЦМ ($X_{\text{цм}}$ и $Y_{\text{цм}}$), и его скорость ($Y_{\text{цм}}$). Для каждого сегмента тела и для всего тела вычислялось максимальное значение кинетической энергии (KE_{max}). Вычисление ЦМ, $Y_{\text{цм}}$ и KE выполнялось посредством программы Matlab. Детали определения сегмента, инерционных параметров и вычисления KE были даны в ранее изданной работе [17].

Статистический анализ

Для каждого измеренного параметра был проведен тест на нормальность. Затем стандартным образом посредством дисперсионного анализа (ANOVA) сравнивались значения при сближенном, промежуточном и растянутом стартах. После этого был проведен Bonferroni post hoc analysis. Все данные имели достоверные различия на $p < 0,05$. Весь статистический анализ проводился посредством статистического пакета Statview.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Время

Таблица 1 показывает, что время отталкивания от колодок и отрыв стопы в первом шаге значительно больше для растянутого старта по сравнению с укороченным и промежуточным. Эффект расположения колодок также сказывается на времени реакции, однако, последующий анализ не показывает существенных различий между растянутым положением колодок и другими типами стартового положения. Относительно времени в 5 м ANOVA показывает значительную разницу между этими тремя типами расположения стартовых колодок. Последующий анализ показывает, что T5 меньше для сближенного старта по сравнению с растянутым. На 10-м отрезке T10 значительно ниже для промежуточного расположения колодок по сравнению с растянутым стартовым положением.

Таблица 1

Время реакции (RT) время выхода с колодок, время, после отталкивания в первом шаге, время бега на 5 и 10 м при сближенной, промежуточной и растянутой расстановке колодок

Характеристики	Сближенная расстановка (M±SD)	Промежуточная расстановка (M±SD)	Растянутая расстановка (M±SD)	Стат. вывод
RT, с	0,183±0,036	0,171±0,031	0,159±0,028	†
Уход с колодок, с	0,371±0,016	0,377±0,017	0,427±0,056	†*§
Время после отталкивания в первом шаге, с	0,632±0,020	0,636±0,020	0,686±0,064	†*§
T5, с	1,362±0,064	1,375±0,056	1,402±0,038	†*
T10, с	2,102±0,079	2,097±0,084	2,134±0,057	†§

M – среднее арифметическое; SD – стандартное отклонение

† – достоверные различия между всеми видами расстановок (ANOVA);

* – достоверные различия с сближенной расстановкой;

§ – достоверные различия с промежуточной расстановкой;

Положение и скорость ЦМ

Результаты (Таблица 2) показали, что, в положении «На старт» и «Внимание!», $X_{\text{цм}}$ меньше для растянутого старта. На координату $Y_{\text{цм}}$ расположение стартовых колодок не влияет. ANOVA (дисперсионный анализ) показывает, что $V_{\text{цм}}$ больше для растянутого старта в момент выхода с колодок и отрыва стопы после выполнения первого шага по сравнению с укороченным расстоянием.

Таблица 2

Различные кинематические параметры для сближенного, промежуточного и растянутого стартов

		Укороченный	Промежуточный	Растянутый	Стат вывод
$X_{\text{цм}}$	Положение «На старт»	$-24,4 \pm 4,7$	$-28,6 \pm 3,5$	$-33,8 \pm 4,5$	†*§
	Положение «Внимание!»	$-21,7 \pm 2,0$	$-25,2 \pm 1,9^*$	$-30,9 \pm 3,0$	†*§
	Уход с колодок	$37,2 \pm 3,7$	$37,5 \pm 2,9$	$37,1 \pm 3,0$	
	После отталкивания в первом шаге	$37,2 \pm 3,7$	$37,5 \pm 2,9$	$37,1 \pm 3,0$	
$Y_{\text{цм}}$	Положение «На старт»	$49,9 \pm 3,1$	$50,1 \pm 2,7$	$50,1 \pm 2,3$	
	Положение «Внимание!»	$66,6 \pm 2,4$	$66,5 \pm 2,9$	$65,5 \pm 2,9$	
	Уход с колодок	$82,0 \pm 3,1$	$82,2 \pm 3,0$	$82,4 \pm 3,5$	
	После отталкивания в первом шаге	$84,9 \pm 4,3$	$85,5 \pm 4,4$	$86,0 \pm 5,2$	
$V_{\text{цм}}$	Уход с колодок	$2,76 \pm 0,11$	$2,84 \pm 0,14^*$	$2,89 \pm 0,13$	†*
	После отталкивания в первом шаге	$3,81 \pm 0,18$	$3,85 \pm 0,16$	$3,90 \pm 0,15$	†*

M – среднее арифметическое; SD – стандартное отклонение

† – достоверные различия между всеми видами расстановок (ANOVA);

* – достоверные различия с сближенной расстановкой;

§ – достоверные различия с промежуточной расстановкой;

Кинетическая энергия

Существенные различия KE появляются во время фазы старта с колодок. Действительно, KE_{max} всего тела значительно больше для растянутого старта по сравнению с укороченным стартом (соответственно для укороченного,

промежуточного и растянутого $302,1 \pm 53,2$ Дж, $317,4 \pm 57,2$ Дж и $324,3 \pm 48,0$ Дж; **рис. 2**).

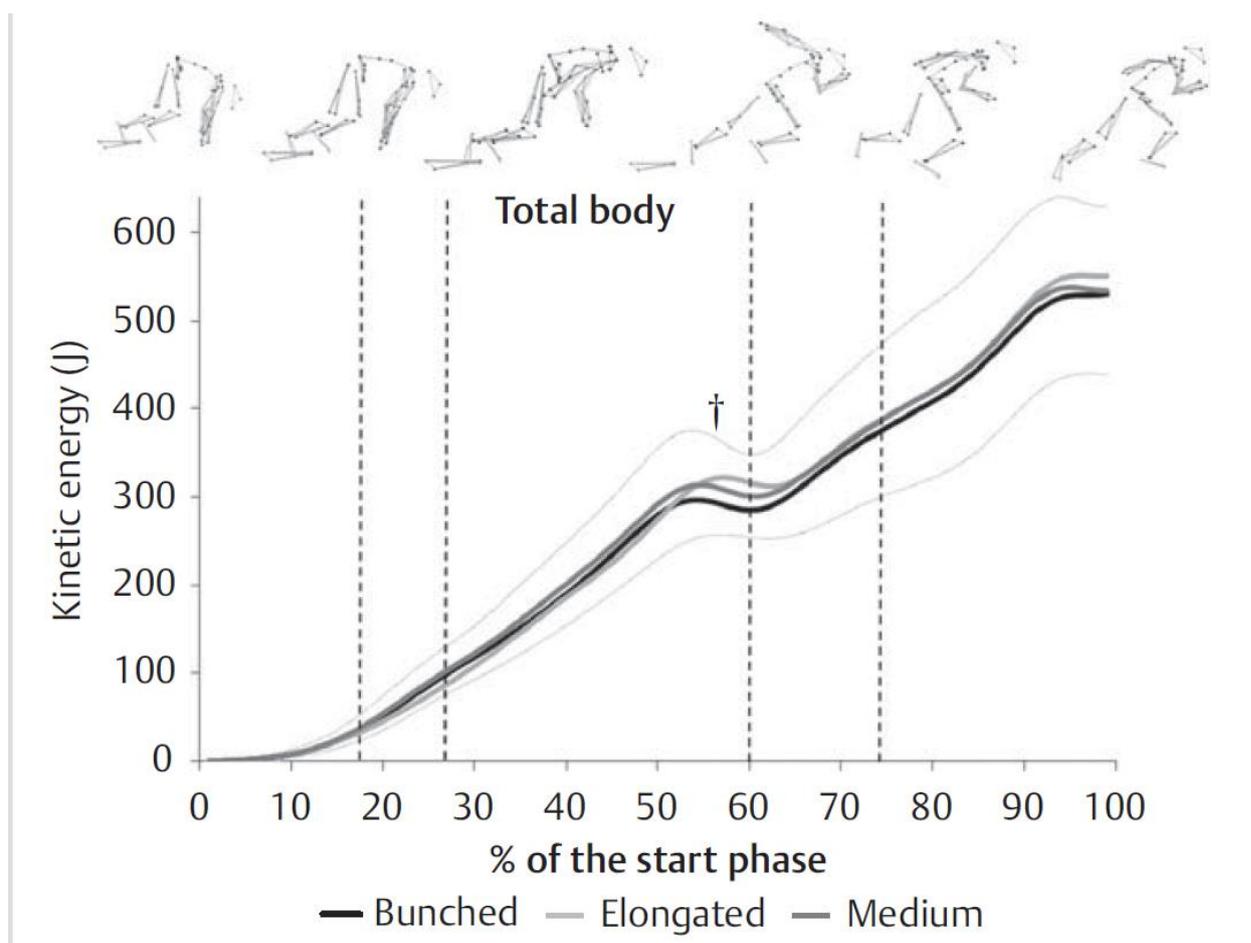


Рисунок 2. Кинетическая энергия тела †- достоверные отличия от промежуточной расстановки. Стандартное отклонение данных от среднего старта. Вертикальные линии соответствуют отрыву рук, снятию сзади стоящей ноги с колодки, снятию впереди стоящей ноги с колодки, опоре в первом шаге

Исследование различных сегментов показывает, что KE_{max} сегментов: голова-шея, грудной клетки, нижней части туловища и таза также значительно больше для растянутого старта по сравнению с укороченным (**рис. 3**).

Относительно KE верхних и нижних конечностей результаты показывают, что KE_{max} вынесенного вперед предплечья и кисти значительно ниже для растянутого старта по сравнению с промежуточным и сближенным (**рис. 4**).

И наоборот, KE_{max} бедра, голени и стопы сзади стоящей ноги больше для растянутого и промежуточного старта по сравнению с сближенным стартом (**рис. 4**).

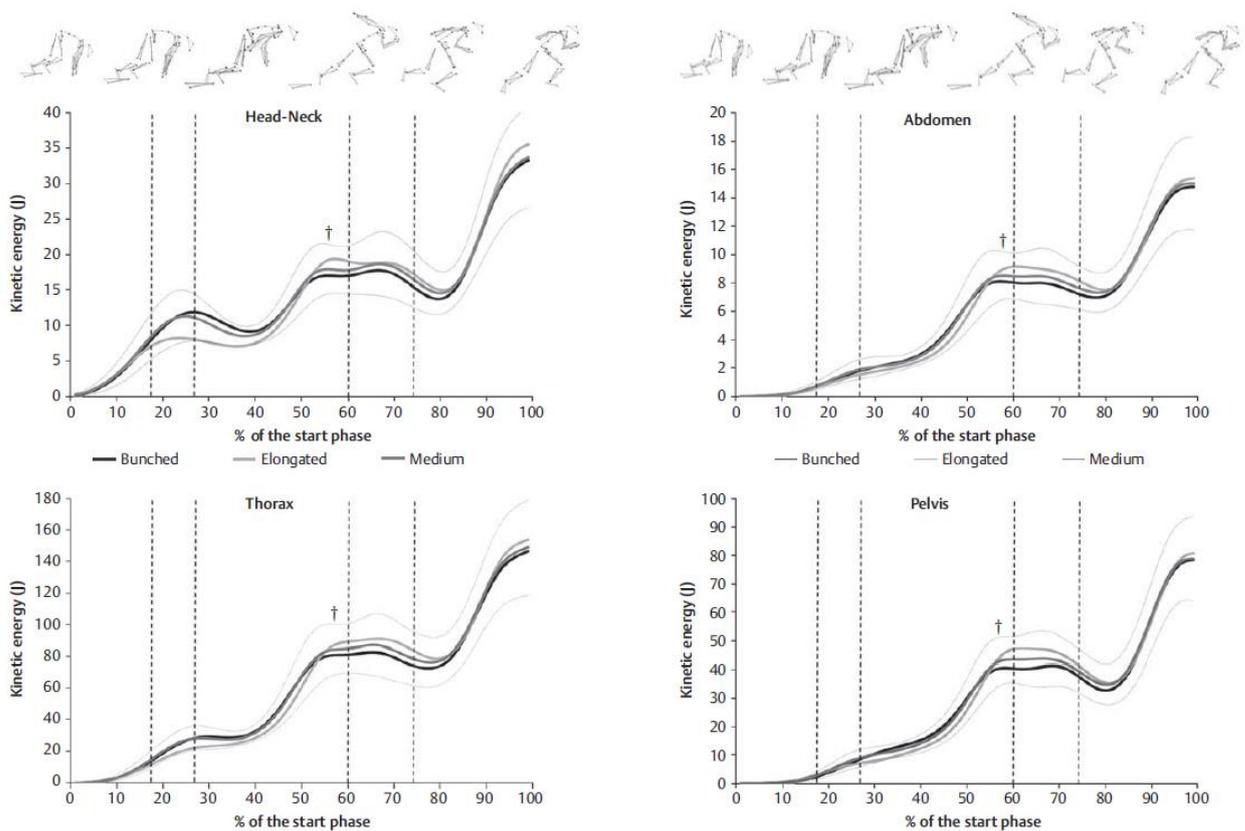


Рисунок 3 Кинетическая энергия головы и шеи, живота, груди и таза.

ОБСУЖДЕНИЕ

Действительно, благодаря точности системы 3D, полученные результаты смогли помочь тренеру понять, какие регуляторы позы используются в этих трех различных расстановках колодок [17, 18]. В этом контексте цель этого исследования состояла в том, чтобы проанализировать воздействие расположения колодок на положение ЦМ, на его скорости и на КЕ во время первых метров спринтерского бега. Результаты показали, что положение стартовых колодок изменило положение, $V_{\text{ЦМ}}$ всего тела и КЕ различных сегментов. Это исследование выдвигает на первый план важность вклада головы и движений туловища, чтобы создать высокую $V_{\text{ЦМ}}$ во время фазы выхода со старта.

Первый эффект модификации расстояния между колодками состоял в том, чтобы вызвать естественную адаптацию позы спринтеров. Действительно, во время фазы отталкивания от стартовых колодок, расстояние, пройденное ЦМ в «растянутом» старте, больше, чем в промежуточном или узком (таблица 1). Это увеличение расстояния пройденного ЦМ, объясняется тем, что тело движется назад в положении «На старт». Нужно отметить, что $X_{\text{ЦМ}}$ в положении «На старт» достоверно меньше в растянутом старте. Этот результат может быть объяснен модификацией положения сзади стоящей ноги в начальном положении спринтера в колодках. Чем больше сзади стоящая нога отодвинута назад, тем больше ЦМ отодвигается назад. Кроме того, важно отметить, что это большее расстояние,

пройденное ЦМ с растянутом старте, не связано с модификацией положения ЦМ в конце фазы отталкивания от колодок. Безотносительно начального положения колодок положение ЦМ в при выходе с колодок не меняется. Наконец, спринтеры, использующие растянутый старт, проходят большее расстояние, чем их коллеги.

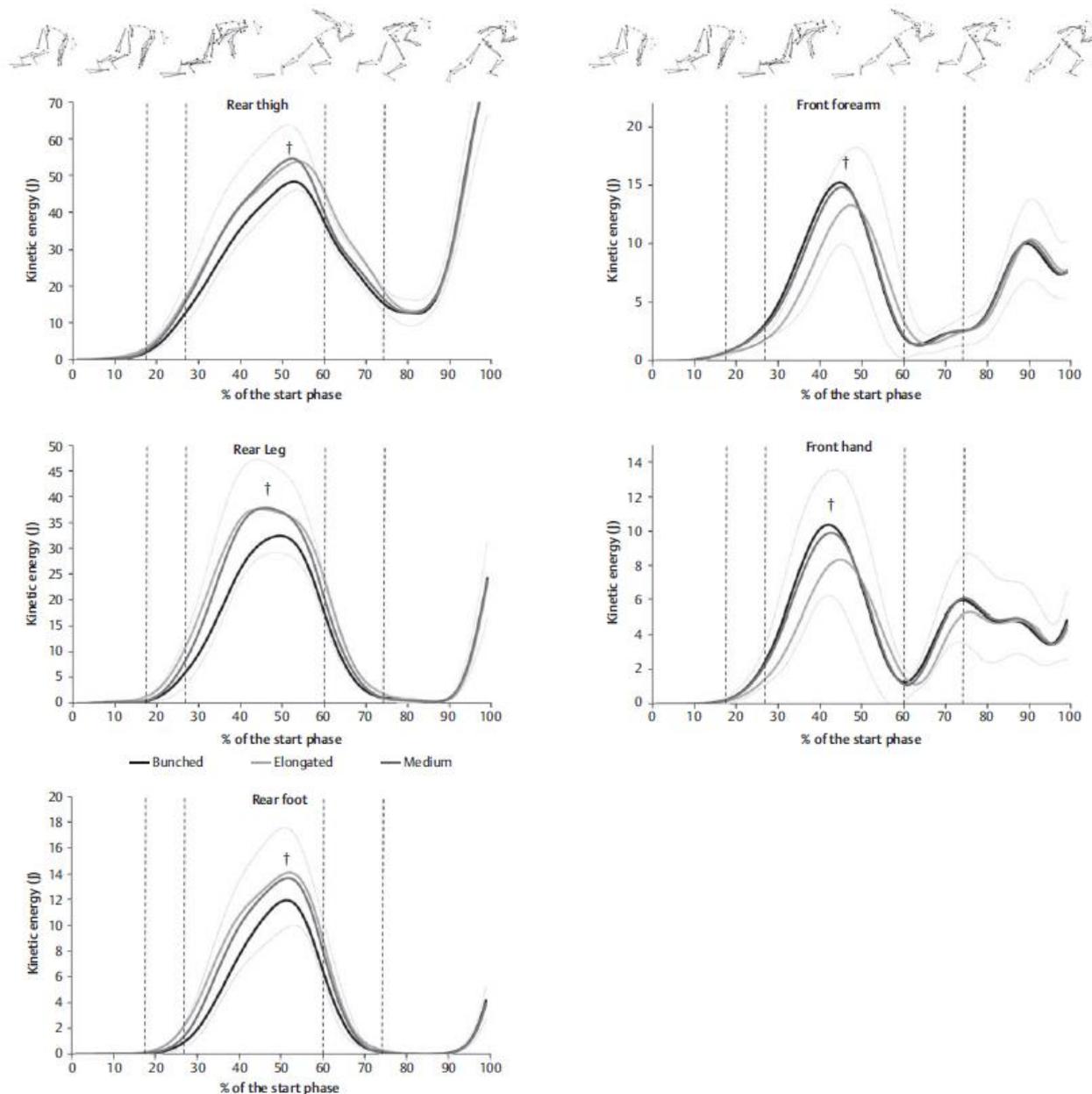


Рисунок 4. Кинетическая энергия различных частей тела спортсмена

Что касается естественной адаптации позы спринтера в колодках $V_{\text{цм}}$ также изменена влиянием расстояния между колодками. Существующие результаты показали, что растянутый старт вызвал большую $V_{\text{цм}}$ при выходе с колодок (табл. 2). С биомеханической точки зрения способность выходить с колодок на большой скорости зависит от импульса силы во время фазы отталкивания от колодок. Импульс силы определяется как область под кривой «сила-время». Таким образом, размер этой области зависит от трех главных

параметров: продолжительности применения силы, скорости развития силы и максимального значения достигнутой силы. Нужно отметить, что в растянутом старте продолжительность приложения силы увеличена во время фазы отталкивания от колодок. Таким образом, большая $V_{цм}$ при отталкивании от колодок, по-видимому, связана с увеличением времени отталкивания от колодок. Однако, несмотря на большую $V_{цм}$ для растянутого старта, время бега 5 и 10 м значительно хуже по сравнению с укороченным стартом. Таким образом, использование растянутого старта не рекомендуется для спринтеров, бегающих на короткие дистанции. Henry [8], Sigersteth и Grinaker [16] также ранее пришли к этому выводу и предположили, что время отталкивания в растянутом старте слишком большое, чтобы успеть его компенсировать в беге на 5 и 10 м. Henry [8] пришел к выводу, что сближенный старт позволяет получать самое короткое время на дистанции 5 м, но промежуточная расстановка колодок предлагает спринтеру наилучший компромисс, потому что уменьшается и время бега 10 м. Полученные нами результаты подтверждают, что промежуточная расстановка колодок позволяет спринтеру достигать на 10 м лучших результатов. Однако, важно отметить, что промежуточная расстановка колодок – это та расстановка, которую тестируемые спринтеры используют постоянно. И это, возможно объясняет, почему несмотря на определенный период обучения перед проведением эксперимента, чтобы спринтеры могли привыкнуть к растянутому и сближенному расстоянию между колодками, лучшее время в беге на 10 м при промежуточном положении колодок. Вторым лимитирующим фактором этого исследования является количество спринтеров, участвующих в эксперименте. Действительно, чтобы подтвердить полученные результаты необходимо исследовать большее количество спринтеров, чтобы были ясны различия между мужчинами и женщинами.

Как $V_{цм}$, КЕ сегментов и всего тела изменяется в зависимости от расположения колодок. Результаты свидетельствуют о том, что растянутый старт вызывает большую $КЕ_{max}$ всего тела (рис. 2). Чтобы понять этот результат, необходим анализ КЕ каждого сегмента. В растянутом старте $КЕ_{max}$ головы и шеи, грудной клетки, нижней части туловища и таза достоверно больше по сравнению с другими типами старта. Эти части тела дают вклад до 40% в КЕ всего тела. Из этого следует, что их действия в фазе отталкивания от колодок очень важны. Поэтому, данное исследование выдвигает на первый план роль головы и туловища в этой фазе (согласно их большим массам). Чтобы выполнить более эффективный старт, спринтеры должны увеличить $КЕ_{max}$ всего тела и $КЕ_{max}$ головы и туловища.

Однако, увеличение этого $КЕ_{max}$, возможно благодаря более длительной продолжительности отталкивания от колодок. Большее время отталкивания от колодок может позволить спринтеру сообщить большую скорость голове и сегментам туловища, но ухудшает время бега 5 и 10 м. из этого следует, что нужно рекомендовать тренерам, для повышения эффективности этой фазы,

провести определенное обучение, чтобы достичь больших значений КЕ головы и туловища за самое короткое время.

Относительно нижних конечностей кажется, что сзади стоящая стопа, голени и бедро способствуют увеличению KE_{max} всего тела. Действительно, растянутый старт вызывает увеличение KE_{max} сзади стоящей стопы, голени и бедра. Кроме того, KE_{max} этих звеньев дает вклад в 28% в KE_{max} всего тела. Этот результат подтверждает данные, полученные Kraan с соавт. [12], которые предположили, что старт с отодвинутой назад ногой приводит к более высокой кинетической энергии этой ноги. Наконец, KE_{max} вынесенного вперед плеча и предплечья уменьшаются в растянутом старте по сравнению с сближенным стартом. Однако, это уменьшение не сильно влияет на KE_{max} всего целого тела, потому что KE_{max} плеча и предплечья дают только 7% в KE_{max} всего тела. Таким образом, оценка вклада каждого сегмента в движение ЦМ в переднем направлении, показывает, что оценка КЕ - полезный инструмент [17].

РЕЗЮМЕ

Таким образом, полученные результаты, следующие: (1) растянутое расположение стартовых колодок вызывает увеличение скорости ЦМ при выходе с колодок. Это связано с увеличением времени отталкивания от колодок. (2) Увеличение времени отталкивания приводит к ухудшению бега на 5 и 10 м. (3) растянутый старт приводит к большей КЕ всего тела и в частности большей КЕ сегментов голова и шея, грудная клетка, нижняя часть туловища и таза. С практической точки зрения должны быть сделаны две важных рекомендации. Во-первых, растянутый старт не должен использоваться в спринте на коротких дистанциях. Во-вторых, чтобы повысить эффективность фазы выхода с колодок, в тренировку должны быть включены специальные упражнения, увеличивающие "взрывчатость" мышц-разгибателей и мышц-сгибателей бедра.

ЛИТЕРАТУРА

1. Bezodis N , Salo A , Trewartha G . Choice of sprint start performance measure affects the performance-based ranking within a group of sprinters: which is the most appropriate measure? Sports Biomech. 2010 ; 9 : 258 – 269
2. Čoh M , Jošt B , Škof B , Tomažin K , Dolenc A . Kinematic and kinetic parameters of the sprint start and start acceleration model of top sprinters . Gymnica 1998 ; 28 : 33 – 42
3. Čoh M , Tomažin K , Štuhec S . The biomechanical model of the sprint start and block acceleration . Facta Universitatis – Physical Education and Sport 2006; 4: 103 – 114

4. Dickinson A D . The effect of foot spacing on the starting time and speed in sprinting and the relation of physical measurements to foot spacing . *Res Quart* 1934; 5 : 12 – 19
5. Guissard N , Duchateau J , Hainaut K . EMG and mechanical changes during sprint starts at different front block obliquities . *Med Sci Sports Exerc* 1992 ; 24: 1257 – 1263
6. Harland M J , Steele J R . Biomechanics of the sprint start . *Sports Med* 1997 ; 23 : 11 – 20
7. Harriss D J , Atkinson G . Update – Ethical standards in sport and exercise science research . *Int J Sports Med* 2011 ; 32 : 819 – 821
8. Henry M F . Force time characteristics of the sprint start . *Res Quart* 1952 ; 23 : 301 – 318
9. Hubley C L , Wells R P . A work-energy approach to determine individual joint contributions to vertical jump performance . *Eur J Appl Physiol* 1983 ; 50 : 247 – 254
10. Kisler J W . Study of the distribution of the force exerted upon the blocks in starting the sprint from various positions . *Res Quart* 1934 ; 5 : 27 – 32
11. Korchemny R . A new concept for sprint start and acceleration training . *New Studies in Athletics* 1992 ; 7 : 65 – 72
12. Kraan G A , van Veen J , Snijders C J , Storm J . Starting from standing; why step backwards? *J Biomech* 2001 ; 34 : 211 – 215
13. Mero A , Komi P V , Gregor R J . Biomechanics of sprint running. A review . *Sports Med* 1992 ; 13 : 376 – 392
14. Mero A , Kuitunen S , Harland M , Kyrolainen H , Komi P V . Effects of muscle- tendon length on joint moment and power during sprint starts . *J Sports Sci* 2006 ; 24 : 165 – 173
15. Schot P K , Knutzen K M . A biomechanical analysis of four sprint start positions . *Res Q Exerc Sport* 1992 ; 63 : 137 – 147
16. Sigerseth P , Grinaker V . Effect of foot spacing on velocity in sprints . *Res Quart* 1962 ; 33 : 599 – 606
17. Slawinski J , Bonnefoy A , Ontanon G , Leveque J M , Miller C , Riquet A , Cheze L , Dumas R . Segment-interaction in sprint start: Analysis of 3D angular velocity and kinetic energy in elite sprinters . *J Biomech* 2010 ; 43 : 1494 – 1502
18. Slawinski J , Bonnefoy A , Leveque J M , Ontanon G , Riquet A , Dumas R , Cheze L . Kinematic and kinetic comparisons of elite and well-trained sprinters during sprint start . *J Strength Cond Res* 2009 ; 24 : 896 – 905

Affiliations

1 Centre de Recherche sur le Sport et le Mouvement (CeRSM, EA 2931), UFR STAPS, Université de Paris Ouest Nanterre la Défense, Nanterre, France

2 Laboratoire de Biomécanique et Mécanique des Chocs UMR_T9406, Université de Lyon, Villeurbanne, France

3 Fédération Française d’Athlétisme, INSEP, Paris, France

4 TeamLagardère, Centre d'expertise, Paris, France

5 Laboratoire de Cinésiologie Willy Taillard, Hopital Cantonal, Genève,
Switzerland

Перевод А.В.Самсоновой