

БИОМЕХАНИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ТЕХНИКИ РЫВКА ТЯЖЕЛОАТЛЕТОВ В УСЛОВИЯХ ОТВЕТСТВЕННЫХ СОРЕВНОВАНИЙ

*ХОСЕ КАМПОС ГРАНЕЛЬ (JOSE CAMPEOS GRANELL),
д. п. н., проф., Университет Валенсии (Испания);
П. ПОЛЕТАЕВ¹, ГУ «Центр спортивной подготовки сборных команд»*

Аннотация

С целью изучения индивидуальных моделей техники тяжелоатлетов – победителей и участников первенства Европы среди юниоров 2003 г. проведен сравнительный анализ биомеханических характеристик одного из соревновательных упражнений тяжелоатлета – рывка. Производилась видеосъемка атлетов в реальных условиях соревнований с последующей компьютерной обработкой данных, с использованием методов видео-фотограмметрии. Результаты исследования, внедряемые в практику подготовки сборной команды Испании, заслуживают внимания отечественных специалистов.

Abstract

Comparative analysis of the different biomechanics of Olympic movements in Snatch from the kinematical point of view that tackles the study of the individual technique pattern of weightlifters – champions and participants of the Men's and Women's junior European Championships 2003 in Valencia (Spain). The athletes were filmed in the real competition situation and than their individual technical model of execution of the Snatch were analyzed by using the computerized photogram metrical methods. The results of the study were applied into the training process of the best Spanish weightlifters, and they are available for specialists to the performance of the technical preparation of the Russian weightlifters as well.

Введение

В скоростно-силовых, ациклических видах спорта, каким является тяжелая атлетика, уровень технического исполнения соревновательных движений является одним из решающих факторов, определяющих спортивный результат. Тренеры на основе имеющихся у них знаний, опыта и наблюдений традиционно пытаются передать своим спортсменам общую модель техники, которую считают оптимальной, полагая, что именно она позволит достигнуть наиболее высоких результатов, соответствующих подготовленности спортсмена. Очевидно, что продуктивность эмпирически выбранной, общей модели техники не может быть постоянно высокой. На самом деле, в процессе тренировки, с одной стороны, происходит подгонка этой модели к индивидуальным особенностям спортсмена: скоростно-силовым возможностям, антропометрическим, психологическим и другим характеристикам. Таким образом, вырабатывается «стиль» или индивидуальная модель техники. С другой стороны, со временем происходит совершенствование и самой техники, изменение представления об оптимальной модели. Процесс технического совершенствования тяжелоатлета можно сделать более эффективным, если поставить его на научную основу, используя современные методы биомеханического анализа движений.

Изучению техники тяжелоатлета, в частности рывка, посвящено немало работ (Арутюнян, 1965; Ге, 1991; Дружинин, 1972; Лукашев, 1972; Подливаев, 1975; Роман, Шакирзянов, 1970; Соколов, 1967; Фролов, 1976; Bartonietz, 1966; Bauman с соавт., 1988; Garhammer, 1998; Gourgoulis с соавт., 2000; Wang, Liu, 2000). Вместе с тем, публикаций, сконцентрированных на проблеме изучения индивидуальных моделей техники рывка и их модификаций по мере увеличения тренировочных и соревновательных нагрузок у тяжелоатлетов, мы не встретили. Исключением является методологически и по фактическому материалу устаревшая монография Романа и Шакирзянова (1970), несмотря на то, что она сравнительно недавно была переиздана в переводе на английский в США (Charniga, 1982).

Предметом исследования явилось изучение индивидуальных особенностей техники тяжелоатлетов – мужчин и женщин – победителей и призеров чемпионата Европы среди юниоров 2003 г. в Валенсии (Испания). Для сравнения по тем же параметрам рассматривались характеристики испанских спортсменов – участников чемпионата, которые дополнительно изучались в специальном эксперименте, проведенном в условиях тренировки. В результате командной борьбы на чемпионате Европы среди юниоров сборная команда России заняла 1-е место среди женщин и 3-е место среди мужчин, а сборная команда Испании, соответственно, 3-е и 4-е места.

В статье предлагаются наиболее интересные российские читателя результаты исследования в условиях соревнований.

¹ Старший тренер сборной команды России по тяжелой атлетике, главный тренер национальной сборной команды Испании и технический директор Федерации тяжелой атлетики Испании в период с 2001 по 2003 годы.

Организация и методика исследований

До начала соревнований рабочая часть соревновательного помоста размером 4×4 м была калибрована с помощью модуля размером 3×3×1,5 м с целью определения точек отсчета в трехмерной системе координат для последующего проведения видеосъемок и их компьютерного анализа.

В соревновательных условиях использовались фотограмметрические методы изучения движений спортсмена в трехмерном пространстве. Для видеосъемок одновременно использовались две профессиональные видеокамеры Panasonic AGDP 800 SVHS. Синхронная по времени видеозапись производилась с частотой кадров 50 Гц. Оси видеокамер, зафиксированных с помощью штативов перед соревновательным помостом по его углам, составляли угол примерно в 90°, обеспечивая охват видеосъемкой предварительно калиброванного трехмерного пространства, и тем самым обеспечивая наиболее полную видеозапись по выделенным моментам и фазам соревновательного движения (рис. 1).

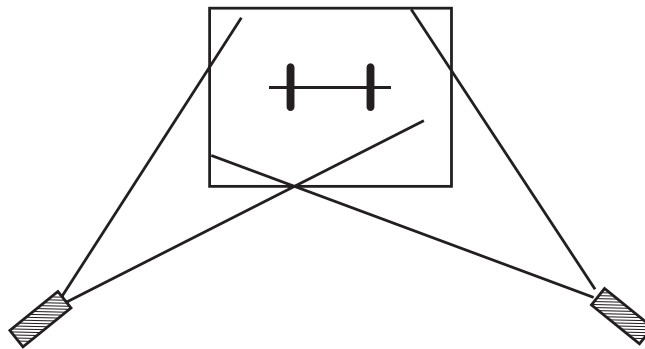


Рис. 1. Расположение видеокамер перед соревновательным помостом

Последующая компьютерная обработка данных видеосъемок осуществлялась с помощью программы Kinescan Digital 1.0 – IBV, представляющей систему, основанную на технологии видео-фотограмметрии, разработанной на кафедре биомеханики университета Валенсии для регистрации и кинематического анализа спортивных движений (рис. 2).

Компьютерная обработка данных осуществлялась в четыре этапа:

1. На первом этапе полученная в результате видеосъемок информация обрабатывалась в базе данных компьютера с координатами плоскостей и соответствующими точками, образующими схематическую проводочную структуру системы «снаряд (штанга) – спортсмен». Это осуществлялось посредством встроенного компьютерного устройства, которое позволило получить соответствующее схематическое изображение движений тяжелоатлета на экране компьютера.

2. На втором этапе данные преобразовывались в кривые точек структуры движения в соответствующих координатах. Для соответствующей математической про-

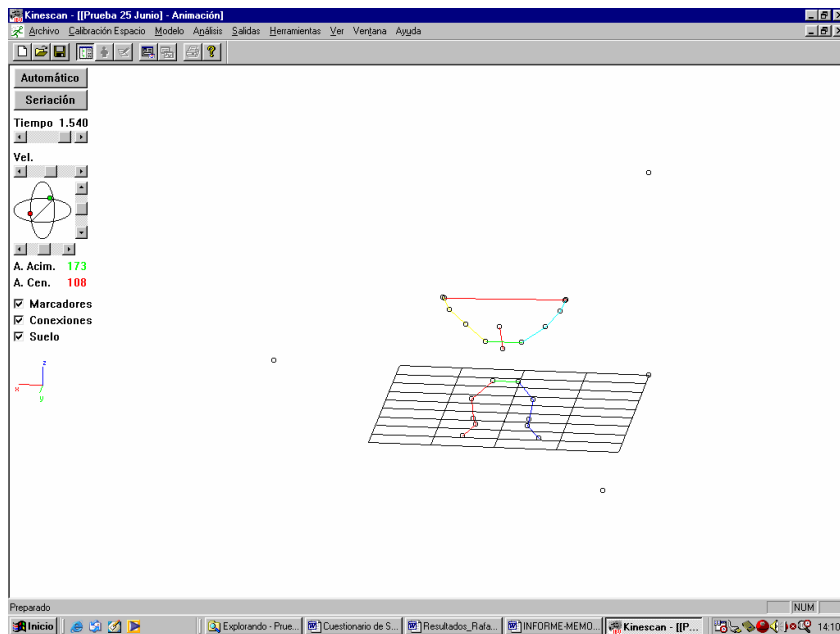


Рис. 2. Пример анимации одной из изучаемых моделей техники

цедуры использовался метод spline (сплайн – математическое представление плавных кривых) пятой степени (Woltring, 1986).

3. На третьем этапе были получены пространственные координаты каждой из математически обработанных точек структуры движения, принимая во внимание инерционную систему отсчета и используя метод Прямой Линейной Трансформации (DLT)¹, описанный Abdel-Aziz и Karara (1971).

4. На четвертом этапе полученные пространственные координаты использовались в расчетах, позволяющих сформулировать статистически достоверные данные эффективных кинематических параметров движений (перемещения, скорости, ускорения, изменения углов в суставах и временные параметры движений), позволяя создавать и анимировать графические изображения таких движений.

Указанные этапы компьютерной обработки реализовывались с помощью программы Kinescan Digital 1.0 – IBV. Для обработки данных использовался статистический пакет SPSS и электронные таблицы программы Excel.

Анализ структуры движений рывка осуществлялся в соответствии с его разделением по фазам и их интерпретацией, предложенным в работах авторов Лукашева (1972), Фролова (1976), Ге (1991), Gourgoulis с соавт. (2000). В этих работах определяются 6 граничных моментов и 5 фаз движения, к которым мы считаем необходимым, в соответствии с нашими публикациями (Poletayev с соавт., 1996, 1999), добавить еще 2 момента и 2 фазы в последнем периоде: момент окончания ухода атлета в низкий сед (Т7) в фазе завершения приема штанги, амортизации и балансировки (Т6–Т7) и момент завершения движения или фиксации штанги (Т8), с соответствующей последней фазой движения – вставанием из подседа и фиксацией штанги (Т7–Т8). Указанные нами дополнительные граничные моменты Т7 и Т8 могут быть объединены и в одну фазу (Т6–Т8) при наиболее техничном, на наш взгляд, индивидуальном исполнении рывка, когда атлету не требуется задержка в низком седее для балансировки штанги перед вставанием, а последнее осуществляется в динамическом режиме быстрого перехода от уступающего режима мышечной работы к преодолевающему. Тем не менее, в настоящее время в практике тяжелоатлетического спорта ведущие атлеты успешно используются оба варианта техники рывка.

Граничные моменты фаз движения в рывке:

- Т1: момент отделения штанги от помоста (МОШ);
- Т2: момент первого максимума разгибания ног в коленном суставе;
- Т3: момент максимального сгибания в коленном суставе;
- Т4: момент второго максимума разгибания ног в коленном суставе;
- Т5: момент, в котором штанга достигает своей максимальной высоты;

- Т6: момент приема штанги (момент, в котором руки спортсмена полностью выпрямляются в локтевых суставах) и начала фазы амортизации.

- Т7: момент окончания фазы амортизации, ухода атлета в низкий сед;

- Т8: момент завершения движения или фиксации штанги.

Фазы движения в рывке:

- Т1–Т2: первая фаза тяги (предварительный разгон снаряда);

- Т2–Т3: переходная фаза (начало подрыва, сопровождаемое сгибанием ног в коленном суставе или переходом от преодолевающего режима мышечной работы к уступающему);

- Т3–Т4: вторая фаза тяги (финальный разгон снаряда с переходом от уступающего режима работы к преодолевающему);

- Т4–Т5: уход под штангу, используя достижение его максимальной высоты;

- Т5–Т6: прием штанги до момента начала фазы амортизации;

- Т6–Т7: завершение приема штанги, окончательная амортизация и балансировка;

- Т7–Т8: вставание из подседа и фиксация штанги.

Обсуждение результатов

Результаты исследования представлены в таблицах 1–2 и в графиках (рис. 3–7).

В табл. 1 и рис. 3–5 приводятся данные анализа индивидуальных моделей техники трех спортсменок – чемпионки в весовой категории +75 кг, российской спортсменки Натальи Гагариной и испанских спортсменок тяжелого веса Patricia Peca и Veronica Mleziva.

Испанки низкорослы, хотя по собственному весу они превосходят российскую спортсменку. Естественно, они уступают россиянке по показателю максимальной высоты подъема штанги. В то же время, по показателю перемещения штанги, нормализованному по отношению к росту, у испанских спортсменок более высокие значения.

Техника испанских спортсменок оказалась более рациональной и по критерию перемещения в фазе приема штанги до момента амортизации.

В пользу индивидуальной техники чемпионки Европы свидетельствуют ее более высокие показатели по скорости и ускорению, а также мощности движения. Вследствие этого, она достигает значительно лучшего результата, подняв на 40 кг больше, чем испанские спортсменки, результаты которых составили только 67% от результата чемпионки.

В таблице 2 и в графиках (рис. 6–7) отражены данные чемпиона Европы среди юниоров Дмитрия Клокова и испанского спортсмена Rufino Montalbán, выступавших в весовой категории 105 кг.

¹ Direct linear transformation.

Таблица 1

**Результаты соревнований в категории +75 кг среди женщин,
антропометрические характеристики (рост и вес)
и данные по параметрам индивидуальной техники
в заключительном удачном подходе в рывке**

Параметры	Спортсменки		
	Гагарина	Реѝа	Meziva
Результат в рывке, кг	122,5	82,5	82,5
Рост, м	1,75	1,55	1,57
Собственный вес, кг	90,60	92,35	96,10
Максимальная скорость штанги, м/с	1,81	1,62	1,85
Скорость штанги в моменте T2, м/с (% от max)	1,04 (56,2%)	1,29 (79,6%)	1,02 (55,1%)
Ускорение штанги в первой фазе тяги (T1–T2), м/с ²	4,66	3,72	2,87
Ускорение штанги во второй фазе тяги (T3–T4), м/с ²	7,58	5,61	6,27
Максимальная высота подъема штанги в моменте T5, м	1,25	1,13	1,18
Нормализованное перемещение штанги с исключением влияния длины тела, м	0,59	0,62	0,64
Потеря высоты перемещения штанги в фазе ее приема до момента амортизации T5–T6, м	0,09	0,07	0,07
Угол в коленном суставе в момент первого максимума разгибания ног T2, °	144	139	150
Угол в момент максимального сгибания в коленном суставе T3, °	120	123	132
Угол в коленном суставе в момент второго максимума разгибания ног T4, °	172	160	164
Угол в коленном суставе в момент приема штанги и начала фазы амортизации T6, °	50	52	68
Угол сгибания в коленном суставе по окончании фазы амортизации T7, °	36	50	51
Абсолютная мощность в первой фазе тяги (T1–T2), W	831,12	673,75	606,38
Абсолютная мощность во второй фазе тяги (T3–T4), W	1800,75	1386,00	1212,75
Относительная мощность, W/кг	12,53	8,94	8,33
Нормализованная абсолютная мощность с исключением влияния длины тела	648,58	532,71	509,92
Нормализованная относительная мощность	7,16	5,77	5,31

Оба спортсмена существенно отличаются как по антропометрическим показателям (преимущество по весу и росту имеет российский спортсмен), так и по биомеханическим параметрам. Спортивный результат испанского спортсмена составил 78% от результата, показанного победителем.

В пользу испанца можно отнести показатель нормализованного перемещения штанги, который у него несколько выше, чем у российского спортсмена. Интересно, что у испанского спортсмена несколько больше показатели максимальной скорости и ускорения штанги, что объясняется приложением его силы к значительно меньшему весу. В то же время у россиянина отмечается значительно более высокая скорость в первой фазе тяги. Клоков достигает здесь 82,5% от своей максимальной

скорости. Это – наивысший показатель данного параметра среди обследованных спортсменов. У испанского спортсмена данный показатель находится в пределах общей выборки – 68,3%.

Интересно, что более высокий показатель в максимальной высоте подъема штанги у испанского атлета объясняется не его ростом, который меньше, чем у российского спортсмена, а менее рациональной индивидуальной техникой.

Преимущества российского спортсмена наблюдаются в фазе приема штанги до момента амортизации (T5–T6), где разница в перемещении от высшей точки подъема штанги до точки ее приема у него составляет всего 4 см, что является также наиболее рациональным показателем среди всех исследованных случаев. Сле-

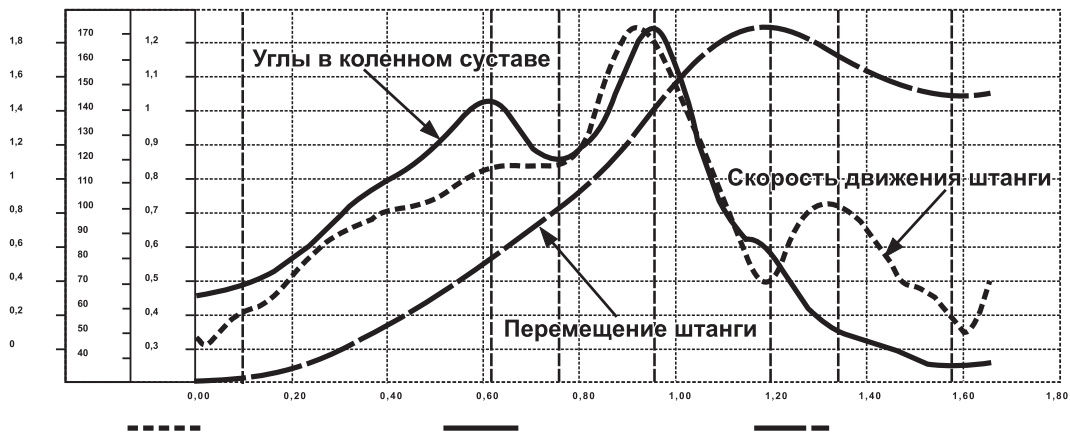


Рис. 3. График изменения углов в коленных суставах, скорости и вертикального перемещения штанги у российской спортсменки Натальи Гагариной

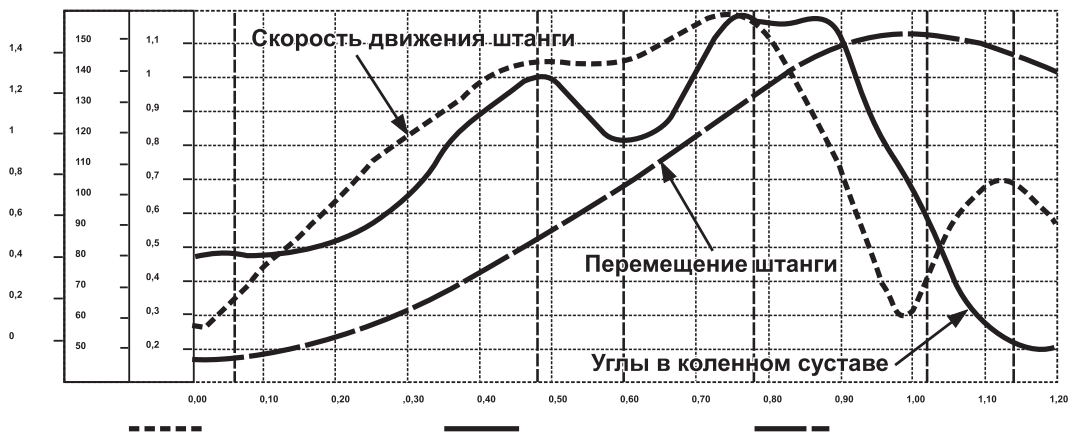


Рис. 4. График изменения углов в коленных суставах, скорости и вертикального перемещения штанги у испанской спортсменки Patricia Pesa

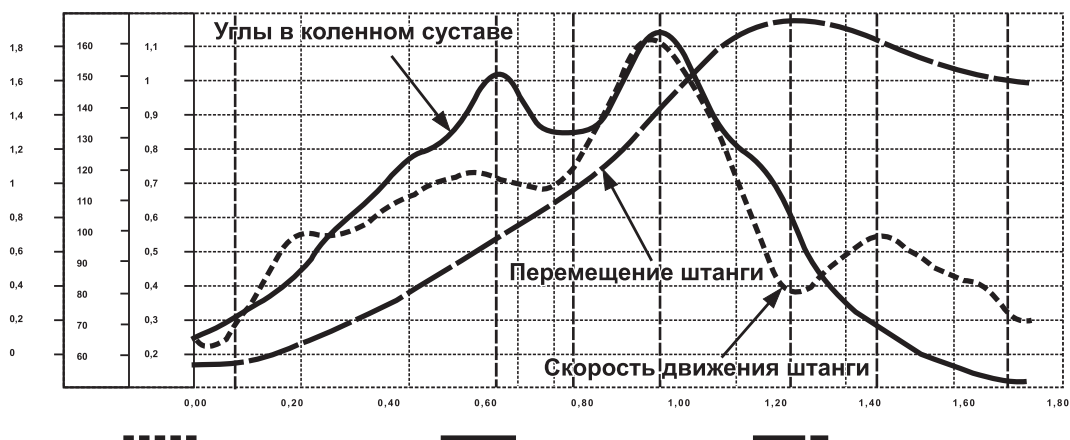


Рис. 5. График изменения углов в коленных суставах, скорости и вертикального перемещения штанги у испанской спортсменки Veronica Mleziva

Таблица 2

Результаты соревнований в категории 105 кг среди мужчин, антропометрические характеристики (рост и вес) и данные по параметрам индивидуальной техники в заключительном удачном подходе в рывке

Параметры	Спортсмены	
	Клоков	Montalbán
Результат в рывке, кг	170	132,5
Рост, м	1,83	1,78
Собственный вес, кг	101,35	95,30
Максимальная скорость штанги, м/с	1,84	1,86
Скорость штанги в моменте T2, м/с (% от max)	1,51 (82,1%)	1,27 (68,3%)
Ускорение штанги в первой фазе тяги (T1–T2), м/с ²	4,44	4,54
Ускорение штанги во второй фазе тяги (T3–T4), м/с ²	7,33	7,47
Максимальная высота подъема штанги в моменте T5, м	1,26	1,28
Нормализованное перемещение штанги с исключением влияния длины тела, м	0,59	0,63
Потеря высоты перемещения штанги в фазе ее приема до момента амортизации T5–T6, м	0,04	0,06
Угол в коленном суставе в момент первого максимума разгибания ног T2, °	132	147
Угол в момент максимального сгибания в коленном суставе T3, °	123	121
Угол в коленном суставе в момент второго максимума разгибания ног T4, °	160	174
Угол в коленном суставе в момент приема штанги и начала фазы амортизации T6, °	45	48
Угол сгибания в коленном суставе по окончании фазы амортизации T7, °	40	34
Абсолютная мощность в первой фазе тяги (T1–T2), W	1532,72	1073,76
Абсолютная мощность во второй фазе тяги (T3–T4), W	2856,00	1947,75
Относительная мощность, W/кг	18,49	14,40
Нормализованная абсолютная мощность с исключением влияния длины тела	1024,18	770,79
Нормализованная относительная мощность	10,11	8,09

дует отметить, что у испанского спортсмена соответствующий показатель тоже находится на хорошем уровне (6 см). Решающее преимущество в технике российского спортсмена, как и в других анализируемых случаях, определяется в фазах взрывного усилия. Имеется в виду т. н. реактивная способность нервно-мышечно-

го аппарата (Верхошанский, 1963), аналогичная использованию метода плиометрии (Bobbert, 1990), развивающего прыгучесть и проявляющегося при смене уступающей работы на преодолевающую (Komi, 1971), что характерно также и для баллистических движений и проявляется также в метаниях с выгодным использо-

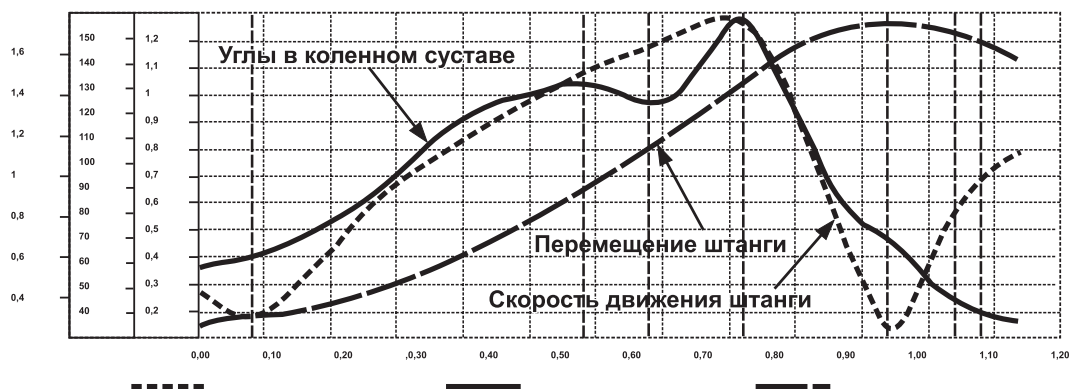


Рис. 6. График изменения углов в коленных суставах, скорости и вертикального перемещения штанги у Дмитрия Клокова

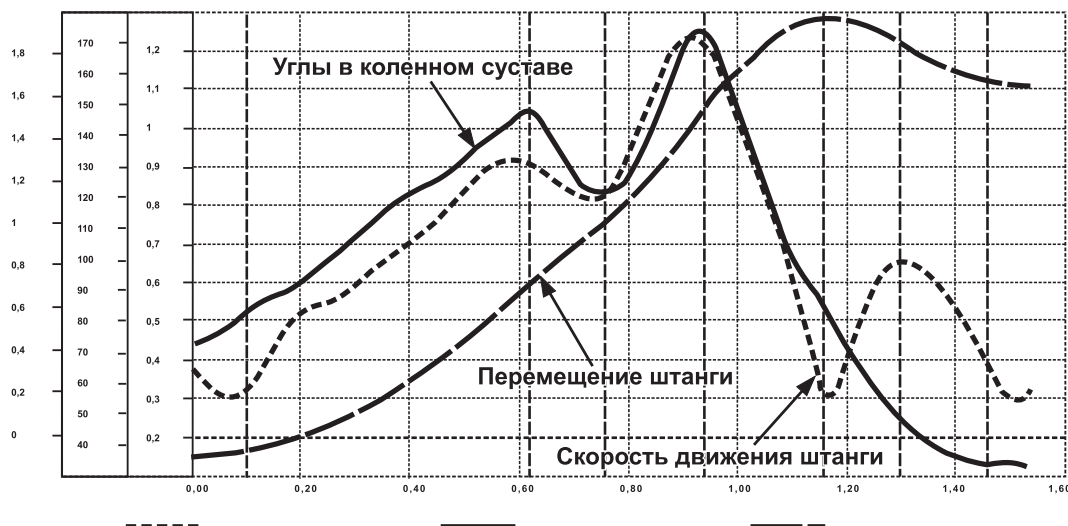


Рис. 7. График изменения углов в коленных суставах, скорости и вертикального перемещения штанги у Rufino Montalbón

ванием физиологических механизмов дополнительной энергии при предварительном растяжении мышц (Bosco, 1981).

Выводы

1. Полученные с помощью оригинальной современной технологии видео-фотограмметрии данные позволяют более детально оценить особенности индивидуальной техники тяжелоатлетов в условиях соревнований.
2. Результаты проведенного исследования позволяют надеяться на их эффективное внедрение в практику подготовки сборных команд.
3. Индивидуальная техника победителей чемпионата Европы среди юниоров не является стандартной мо-

делью, как и у других, менее квалифицированных спортсменов из испанской сборной. У каждого спортсмена она имеет свои отличительные особенности, преимущества, компенсаторные механизмы и недостатки, которые целесообразно внимательно учитывать и подвергать необходимой педагогической корректировке в тренировочном процессе с целью дальнейшего улучшения результатов и повышения спортивного мастерства.

4. Особое внимание в технической подготовке высококвалифицированных спортсменов следует обращать на совершенствование механизмов развития взрывной силы, в частности, реактивной способности нервно-мышечного аппарата, используя рациональные движения, предварительно растягивающие мышцы для получения их дополнительной энергии.

Литература

1. Арутюнян С.М. Определение оптимальной тренировочной нагрузки тяжелоатлета на основе характеристики динамических параметров темповых упражнений: Автореф. дисс. ... канд. пед. наук. – М., 1965. – 21 с.
2. Верхошанский Ю.В. Экспериментальное обоснование средств скоростно-силовой подготовки в связи с биодинамическими особенностями спортивных упражнений: Автореф. дисс. ... канд. пед. наук. – М., 1963. – 21 с.
3. Ге Н.Д. Методика обучения технике тяжелоатлетических упражнений: Автореф. дисс. ... канд. пед. наук. – М., 1991. – 21 с.
4. Дружинин В.А. Оптимальные параметры техники рывка и последовательность первоначального обучения: Автореф. дисс. ... канд. пед. наук. – М., 1972. – 21 с.
5. Лукашев А.А. Анализ техники выполнения рывка тяжелоатлетами высокой квалификации: Автореф. дисс. ... канд. пед. наук. – М., 1972. – 21 с.
6. Подливаев Б.А. Исследование структуры биомеханографических параметров в специально-двигательных заданиях (в связи с совершенствованием методов контроля за технической подготовленностью тяжелоатлетов: Автореф. дисс. ... канд. пед. наук. – М., 1975. – 21 с.
7. Роман Р., Шакирзянов М. Жим, рывок, толчок. Техника лучших атлетов мира. – М.: ФиС, 1970. – 144 с.
8. Соколов Л.Н. Основы динамики упражнений тяжелоатлетического троеборья: Автореф. дисс. ... канд. пед. наук. – М., 1967. – 21 с.
9. Фролов В.И. Анализ координационной структуры соревновательных и специально-вспомогательных тяжелоатлетических упражнений: Автореф. дисс. ... канд. пед. наук. – М., 1976. – 21 с.
10. Abdel-Azir Y.I., Karara H.M. Direct linear transformation from comparator coordinates into object space coordinates in close range photogrammetry. In ASP Symposium on close range photogrammetry, American society of photogrammetry, ASP, Falls Church, 1971. – P. 1–18.
11. Bartonietz K.E. Biomechanics of the snatch: toward a higher training efficiency. Strength and Conditioning, 1996. – P. 18, 24–31.
12. Bauman W., Gross V., Quade K., Galbierz P. and Schwirz A. The snatch technique of World class weightlifters at the 1985 World Championships. International Journal of Sport Biomechanics, 1988. – P. 4, 68–89.

13. *Bobbert M.F.* Drop jumping as training method of jumping ability. – Sport medicine, 1990. 9. – P. 7–22.
14. *Bosco C.*, et al (1981): Prestretch potentiation of human skeletal muscle during ballistic movement. *Acta Physiologica Scand*, 1981, 111:135.
15. *Komi P.V.* Measurement of the force velocity relationship in human muscle under concentric and eccentric work. The Third International Seminar of Biomechanics. Rome, 1971.
16. *Poletaev P., Gue N., Ortiz Cervera, V.* Enseñanza de los ejercicios olímpicos de halterofilia. /Vicente Ortiz Cervera. Co-autores: Nicolai Gue, Josñ A. Navarro Puche, Petr Poletaev, Lorenzo Rausel Peris. – Entrenamiento de fuerza y explosividad para la actividad física y el deporte de competición. INDE. Barcelona. Chapter VIII. Primera edición, 1996. 2ª edición, 1999. – P. 269–317.
17. *Roman R.A., Scharirzyanov M.S.* The Snatch, The Clean and Jerk. Andrew Charniga, 1982, Michigan.
18. *Garhammer J.* Weightlifting performance and techniques of men and women. In: International Conference on Weightlifting and Strength Training. Lahty, Finland: Gummerus Printing, 1998. – P. 89–94.
19. *Gourgoulis V., Aggelousis N., Mavromatis G., Garas A.* Biomechanical analysis of the snatch technique in Greek elite weight lifters. *Exercise and Society Journal of Sport Sciences*. 2000. (26). – P. 63–75.
20. *Wang M., Liu W.* Biomechanical analysis of pulling phases in weight lifting: a case study. /In; Hong, Y (ed). Proceedings of international Symposium on Biomechanics in Sport, 2000. P. 356–359.
21. *Woltring H.J.* A Fortran package for generalized, cross validatory spline smoothing and differentiation. *Adv. Eng. Software*, 1986, 6 (2). – P. 104–113.