

УДК 796.012

Т 98

Тураев, В. Т.

Т 98

Биомеханика для спринтера. Настольная книга тренера и спортсмена [текст] / В.Т. Тураев, В.В. Тюпа — М.: ТВТ Дивизион, 2022. — 418 с.

ISBN 978-5-98724-253-7

Книга, которую вы держите в руках — необычная книга, так как такой книги еще не было. Она написана для тренера и спортсмена. Содержание книги основано на идее прикладного применения знаний по биомеханике при подготовке спринтеров. Данное издание призвано сформировать у читателей комплексное, системное представление материала, местами довольно сложного.

Авторы постарались изложить материал в максимально доступной форме, фактически занимаясь популяризацией биомеханики. Этим объясняется как детализация в одних разделах, так и некоторые упрощения в изложении материалов в других разделах.

В пособии дается представление о человеке как биомеханической системе с расширенной характеристикой элементов опорно-двигательного аппарата и основных их функций. Особое внимание уделяется понятийному аппарату сферы биомеханики спорта как неперенному условию создания представлений и формирования профессионального языка общения.

Изучение пособия поможет углубить понимание законов механического движения, освоить основные методы решения задач, связанных с анализом спортивной техники, а также приобрести знания, необходимые для исследования кинематической и динамической структуры спортивных движений и физических упражнений.

Надеемся, что книга будет полезна тренерам, спортсменам, студентам и преподавателям ВУЗов физической культуры, и станет для них как пособием, так и справочником, который поможет в практической работе.

УДК 796.012

ISBN 978-5-98724-253-7

© Тураев В.Т., Тюпа В.В., 2022
© Оформление ТВТ Дивизион, 2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	11
ГЛАВА 1. ВВЕДЕНИЕ В БИОМЕХАНИКУ	13
1.1. История развития механики и биомеханики	13
1.2. Чем занимаются ученые-биомеханики?	20
1.2.1. Что ученые могут дать спортивной практике?	20
1.3. Взаимосвязь биомеханики с другими научными дисциплинами	21
1.4. Метод биомеханики	23
1.4.1. Системный анализ	23
1.4.2. Системный синтез	23
1.5. Определения, направления, цели и задачи	24
1.5.1. Определение общей механики	24
1.5.2. Определение биомеханики	24
1.5.3. Основные направления биомеханики, как науки	24
1.5.4. Определение биомеханики спорта	25
1.5.5. Цель биомеханики спорта	26
1.5.6. Задачи биомеханики спорта	26
1.5.7. Задачи биомеханики спринтерского бега	27
1.6. История развития биомеханических исследований спринтерского бега	28
1.6.1. Регистрация кинематических характеристик спортсменов при беге с низкого старта	28
1.6.2. Регистрация кинематических и расчет динамических характеристик звеньев тела спортсменов при беге	29
1.6.3. Использование модели для изучения особенностей движения в тазобедренном суставе при спринтерском беге	32
ГЛАВА 2. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ МЕХАНИКИ	34
2.1. Покой и движение	34
2.2. Системы отсчета	35
2.2.1. Системы отсчета расстояния	36
2.2.1.1. Координаты точки. Координаты тела и системы тел	39

2.2.1.2. Инерциальные и неинерциальные системы отсчета	41
2.2.1.3. неподвижные и подвижные системы отсчета	42
2.2.2. Время	43
2.3. Характеристики движения.....	45
2.3.1. Пространственные характеристики движения	45
2.3.1.1. Траектория точки.....	46
2.3.1.2. Перемещение и путь	51
2.3.1.2.1. Линейное перемещение	52
2.3.1.2.2. Угловое перемещение	52
2.3.2. Временные характеристики движения.....	53
2.3.2.1. Момент времени	53
2.3.2.2. Промежуток времени	54
2.3.2.3. Длительность движения	54
2.3.2.4. Темп	54
2.3.2.5. Ритм	55
2.3.3. Пространственно-временные характеристики движения	56
2.3.3.1. Скорость точки.....	57
2.3.3.1.1. Средняя скорость	57
2.3.3.1.2. Мгновенная скорость	58
2.3.3.1.3. Угловая скорость.....	59
2.3.3.1.4. Скорость тела.....	60
2.3.3.2. Ускорение точки.....	60
2.3.3.2.1. Среднее ускорение	61
2.3.3.2.2. Мгновенное ускорение	61
2.3.3.3. Угловое ускорение	62
2.3.3.4. Центростремительное и тангенциальное ускорение	63
ГЛАВА 3. СТАТИКА	65
3.1. Геометрия масс тела	65
3.1.1. Масса	65
3.1.2. Центр масс	66
3.2. Геометрия масс тела человека.....	67
3.2.1. Масс-инерционные характеристики сегментов тела человека	69
3.2.2. Центр масс звена	70
3.2.3. Общий центр масс тела	74
3.2.3.1. Общий центр тяжести	75
3.2.3.2. Определение общего центра масс тела.....	76

3.2.3.3. Относительное и абсолютное положения общего центра масс тела	81
3.2.4. Центр масс системы тел	83
3.2.5. Вертикаль, опущенная из общего центра масс тела	84
3.3. Описание положения тела человека	85
3.3.1. Начала систем координат	88
3.4. Равновесие и устойчивость тела	89
3.4.1. Виды равновесия тела	90
3.4.1.1. Неустойчивое равновесие	90
3.4.1.2. Безразличное равновесие	91
3.4.1.3. Устойчивое равновесие	92
3.4.1.4. Ограниченно-устойчивое равновесие	93
3.4.2. Степень устойчивости	95
3.4.2.1. Площадь опоры	95
3.4.2.2. Коэффициент устойчивости	98
3.4.2.3. Угол устойчивости	98
3.5. Динамическое равновесие	101
3.6. Нарушение устойчивости	102
3.7. Сохранение равновесия	103
3.8. Биодинамика осанки	103
3.8.1. Осанка статическая	104
3.8.2. Осанка динамическая	105
3.8.3. Динамическая жесткость опорно-двигательного аппарата спортсмена как основа рациональной динамической осанки	105
ГЛАВА 4. КИНЕМАТИКА ДВИЖЕНИЙ ЧЕЛОВЕКА	112
4.1. Перемещение центров масс тела	112
4.2. Траектория общего центра масс тела во время бега	115
4.2.1. Траектория общего центра масс тела в опорном периоде	117
4.2.1.1. Длительность опорного периода	117
4.2.1.2. Вертикальные перемещения общего центра масс тела во время опорного периода	119
4.2.1.3. Горизонтальное перемещение общего центра масс тела во время опорного периода	120
4.2.2. Траектория общего центра масс тела в полете	120
4.2.2.1. Высота полета	122
4.2.2.2. Дальность полета	124

4.2.2.3. Время полета	126
4.2.3. Вертикальные колебания общего центра масс тела во время бега	128

ГЛАВА 5. ДИНАМИКА ДВИЖЕНИЙ ЧЕЛОВЕКА	131
5.1. Законы динамики	131
5.1.1. Первый закон Ньютона	131
5.1.2. Второй закон Ньютона	132
5.1.3. Третий закон Ньютона	134
5.1.4. Следствия законов Ньютона	135
5.2. Инерционные характеристики тела	139
5.2.1. Силы инерции	139
5.2.2.1. Возникновение и прекращение сил инерции	139
5.2.2.2. Силы инерции и прямолинейное движение	141
5.2.2.3. Силы инерции и вращательное движение	142
5.2.2.4. Масс-инерционные характеристики тела	144
5.2.2.4.1. Распределение центров масс звеньев	145
5.2.2.4.2. Момент инерции тела	146
5.2.2.4.3. Изменение момента инерции	147
5.2.2.5. Преодоление сил инерции	149
5.2.2.6. Использование сил инерции	150
5.3. Силовые характеристики тела	151
5.4. Силы при выполнении двигательных действий	154
5.4.1. Сила тяжести	154
5.4.1.1. Закон всемирного тяготения	155
5.4.1.2. Силы тяготения	156
5.4.1.3. Вес тела	157
5.4.1.4. Влияние тяготения и силы тяжести на бегущего спортсмена	158
5.4.1.4.1. Движение тела в безопорном периоде	158
5.4.2. Сила реакции опоры. Постановка стопы на беговую дорожку	160
5.4.2.1. Классификация типов вертикальной составляющей опорных реакций	162
5.4.2.2. Объяснение опорных реакций	163
5.4.3. Силы упругости покрытия беговой дорожки и инвентаря	171
5.4.4. Силы трения	172

5.4.5. Силы сопротивления окружающей среды	174
5.4.5.1. Использование силы сопротивления воздуха	175
5.4.5.2. Использование уменьшенной силы сопротивления воздуха	177
5.5. Механическая работа при движениях человека	179
5.5.1. Работа силы	179
5.5.1.1. Положительная работа	180
5.5.1.2. Отрицательная работа	180
5.5.2. Работа момента силы	181
5.5.3. Работа переменной силы	182
5.6. Мощность	183
5.6.1. Классификация циклических упражнений по мощности	184
5.6.2. Эффективность приложения сил	185
5.6.3. Зависимость между работой и энергией	186
5.7. Энергия при движениях человека	187
5.7.1. Потенциальная энергия	188
5.7.1.1. Потенциальная гравитационная энергия	188
5.7.1.2. Потенциальная энергия упругой деформации	190
5.7.2. Кинетическая энергия	192
5.7.3. Полная механическая энергия	193
5.7.4. Концепция «подвод — расход энергии»	194
5.7.4.1. Расход кинетической энергии	194
5.7.4.2. Подвод энергии	195
5.7.5. Концепция «преобразования энергии»	198
5.7.5.1. Переход энергии	198
5.7.5.2. Накопление энергии	202
5.7.5.3. Потеря энергии	205
5.7.5.4. Сложные комплексные формы перехода энергии	207
5.8. Сводная таблица размерности	212
5.9. Использование накопленной энергии	216
5.9.1. Механизм рекуперации, основанный на накоплении потенциальной энергии гравитации	216
5.9.2. Механизм рекуперации, основанный на накоплении потенциальной энергии деформации мышц и сухожилий	219
5.9.2.1. Упругость мышечно-сухожильного комплекса	220
5.9.2.2. Нелинейность упругости мышечно-сухожильного комплекса	221

5.9.2.3. Жесткость и податливость мышечно-сухожильного комплекса	225
5.9.2.4. Оценка величины накопленной энергии упругой деформации	227
5.9.2.5. Снижение использования накопленной энергии упругой деформации, как негативный фактор.....	229
5.9.3. Механизм рекуперации, основанный на переходе кинетической энергии от одного звена к другому звену.....	230
5.9.4. Взаимосвязь механизмов рекуперации	233
5.9.5. Динамика возвратных движений	233
ГЛАВА 6. СУСТАВЫ И СУСТАВНЫЕ ДВИЖЕНИЯ	237
6.1. Степени свободы	237
6.2. Соединения звеньев тела	238
6.2.1. Виды движений в суставах	239
6.3. Классификация суставов	242
6.3.1. Классификация суставов по форме суставных поверхностей	242
6.3.2. Классификация суставов по количеству осей движения.....	243
6.3.2.1. Одноосные суставы	243
6.3.2.2. Двухосные суставы	245
6.3.2.3. Многоосные, с тремя осями движения, суставы.....	248
6.4. Амплитуда движений в суставах	250
6.5. Биокинематические пары и цепи	252
6.5.1. Биокинематическая пара	252
6.5.2. Биокинематическая цепь	253
6.5.2.1. Открытые биокинематические цепи	253
6.5.2.2. Замкнутые биокинематические цепи	254
6.6. Связывание степеней свободы	255
6.7. Биомеханическая, биокинематическая и биодинамическая цепи	256
6.8. Закономерности биодинамической цепи.....	257
6.9. Звенья тела как рычаги	258
6.9.1. Биомеханическое звено.....	258
6.9.2. Механический рычаг	258
6.9.2.1. Классификация рычагов	259
6.9.2.2. «Золотое правило» механики	269

6.9.3. Изменения плеч рычагов по ходу взросления.....	272
6.9.4. Изменения рычагов по ходу движения.....	273

ГЛАВА 7. БИОМЕХАНИКА МЫШЕЧНОГО СОКРАЩЕНИЯ ..274

7.1. Устройство поперечно-полосатой мышечной ткани.....	274
7.2. Механизм сокращения мышечного волокна	282
7.3. Строение мышцы	288
7.3.1. Параллельный упругий комплекс.....	291
7.3.2. Функции мышц	293
7.4. Сухожилия. Устройство и функции	294
7.4.1. Мышечно-сухожильное соединение	295
7.4.2. Костно-сухожильное соединение.....	296
7.4.3. Состав сухожилия	297
7.4.4. Уменьшение трения.....	300
7.4.4. Механические свойства сухожилий:	
упругость и прочность	301
7.4.5. Рецепторы сухожилий	303
7.4.6. Связки.....	305
7.5. Анатомия мышц	305
7.5.1. Мышцы нижних конечностей	305
7.5.2. Мышцы-агонисты, -синергисты, -антагонисты.....	313
7.5.3. Антигравитационные мышцы	317
7.6. Режимы работы мышц	320
7.6.1. Состояние мышцы	320
7.6.2. Классификация режимов работы мышц	323
7.6.2.1. Преодолевающий режим работы мышц.....	325
7.6.2.2. Уступающий режим работы мышц	327
7.6.2.3. Изометрический режим работы мышц	329
7.6.3. Цикличная смена режимов работы мышц	330
7.6.4. Баллистический тип движения.....	331
7.6.5. Плиометрический тип движения	333
7.6.6. Статодинамические упражнения	338
7.7. Мышечные рефлексы.....	339
7.7.1. Рефлекс растяжения мышцы	341
7.7.2. Гольджи-рефлекс	344
7.7.3. Эффект реципрокного торможения	345

ГЛАВА 8. БИОМЕХАНИКА ДВИГАТЕЛЬНЫХ КАЧЕСТВ348

8.1. Понятие о двигательных качествах.....	348
--	-----

8.2. Биомеханическая характеристика силовых качеств	349
8.2.1. Факторы, определяющие величину проявления силы	349
8.2.1.1. Зависимость сила-скорость сокращения мышцы	350
8.2.1.2. Зависимость сила-длина мышцы	355
8.2.1.3. Двусуставные мышцы как фактор усиления движения.....	361
8.2.1.4. Мышечная напряженность как фактор снижения силы	368
8.2.1.4.1. Тоническая напряженность	370
8.2.1.4.2. Координационная напряженность	371
8.2.1.4.3. Скоростная напряженность	373
8.3. Биомеханическая характеристика скоростных качеств.....	374
8.3.1. Центральная нервная система и скорость.....	374
8.3.2. Вклад медленных мышечных волокон в мощность, развиваемую спринтером в беге с максимальной скоростью	375
8.4. Биомеханические аспекты стартовой реакции спринтеров	379
8.4.1. Важность времени стартовой реакции спринтеров	379
8.4.2. Простые и сложные двигательные реакции	380
8.4.3. Факторы, которые влияют на время двигательной реакции.	381
8.4.4. Время реакции спортсменов.....	383
8.4.4.1. Минимальное время стартовой реакции спринтеров.....	383
8.5. Биомеханические основы выносливости. Утомление и его биомеханические проявления	383
8.5.1. Влияние утомления на технику спринтерского бега ..	383
 ГЛАВА 9. ПРИМЕРЫ БИОМЕХАНИЧЕСКОГО АНАЛИЗА	391
9.1. Определения работы двусуставных мышц ног на примере Усейна Болта	391
9.2. Биомеханический анализ бега на примере кинограмм Т.Смита и Л.Эванса.....	399
 ГЛАВА 10. РЕКОРДЫ В СПРИНТЕРСКОМ И ЭСТАФЕТНОМ БЕГЕ.....	412
 ЛИТЕРАТУРА, ПОВЛИЯВШАЯ НА НАШИ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ПО БИОМЕХАНИКЕ	416