

75.0  
П 58

учебник



ФИЗИЧЕСКАЯ КУЛЬТУРА  
И СПОРТ

бакалавр



Г. И. Попов, А. В. Самсонова

# БИОМЕХАНИКА ДВИГАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

4-е издание

ACADEMA

Высшее образование

БАКАЛАВРИАТ

Г. И. ПОПОВ, А. В. САМСОНОВА

# БИОМЕХАНИКА ДВИГАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

УЧЕБНИК

*Рекомендовано*

*Учебно-методическим объединением  
по образованию в области физической культуры  
в качестве учебника для образовательных учреждений  
высшего профессионального образования, обучающихся  
по направлению «Физическая культура»*



4-е издание, стереотипное



Москва  
Издательский центр «Академия»  
2016

УДК 796/799(075.8)

ББК 28.071я73

П58

Рецензенты:

зав. лабораторией биомеханики, зав. кафедрой легкой атлетики Адыгейского государственного университета, д-р пед. наук, профессор *А. М. Доронин*;  
зав. кафедрой биомеханики Российского государственного университета физической культуры, спорта, молодежи и туризма, д-р пед. наук, профессор *А. А. Шалманов*



**Попов Г. И.**

П58 Биомеханика двигательной деятельности: учеб. для студ. учреждений высш. образования / Г. И. Попов, А. В. Самсонова. — 4-е изд., стер. — М. : Издательский центр «Академия», 2016. — 320 с. — (Сер. Бакалавриат).

ISBN 978-5-4468-3143-2

Учебник создан в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом по направлению подготовки «Физическая культура» (квалификация «бакалавр»).

Изложены сведения из области классической биомеханики, необходимые для понимания работы двигательного аппарата человека. Рассмотрены силовые и энергетические аспекты движения тела человека в целом и его отдельных звеньев. Показана связь между использованием традиционных средств физического воспитания, спортивной тренировки, нетрадиционными биомеханическими технологиями и возможным двигательным эффектом при выполнении упражнений.

Для студентов учреждений высшего образования.

УДК 796/799(075.8)

ББК 28.071я73

*Оригинал-макет данного издания является собственностью Издательского центра «Академия», и его воспроизведение любым способом без согласия правообладателя запрещается*

© Попов Г. И., Самсонова А. В., 2011

© Образовательно-издательский центр «Академия», 2011

© Оформление. Издательский центр «Академия», 2011

ISBN 978-5-4468-3143-2

# ОГЛАВЛЕНИЕ

---

Предисловие .....	3
<b>Глава 1. Исторические аспекты биомеханики двигательной деятельности человека .....</b>	<b>6</b>
1.1. Что изучает биомеханика двигательных действий? .....	6
1.2. Цели и задачи биомеханики двигательных действий .....	7
1.3. История биомеханики .....	8
<b>Глава 2. Механическое описание двигательной деятельности человека .....</b>	<b>21</b>
2.1. Кинематика движений человека .....	21
2.1.1. Основные понятия кинематики и кинематические характеристики .....	21
2.1.2. Сложные движения .....	23
2.1.3. Описание движений тела человека во времени и пространстве .....	25
2.2. Динамика движений человека .....	26
2.2.1. Основные понятия и законы динамики .....	26
2.2.2. Геометрия масс тела человека и методы ее определения .....	29
2.2.3. Силы в движениях человека .....	31
2.3. Механическая работа и энергия при движении человека .....	36
2.3.1. Понятие «механическая работа» .....	36
2.3.2. Внешняя и внутренняя работа .....	41
2.3.3. Вертикальная и продольная работа .....	42
2.3.4. Мощность механического движения .....	43
2.3.5. Количественная оценка эффективности механической работы .....	44
<b>Глава 3. Биомеханика опорно-двигательного аппарата человека .....</b>	<b>46</b>
3.1. Состав опорно-двигательного аппарата .....	46
3.2. Строение, функции и механические свойства элементов ОДА человека .....	47
3.2.1. Кости .....	47
3.2.2. Суставы .....	48
3.2.3. Сухожилия и связки .....	50
3.2.4. Рецепторы опорно-двигательного аппарата человека .....	51

3.3. Биомеханические свойства и особенности строения ОДА человека .....	53
3.4. Биомеханика мышц .....	54
3.4.1. Строение и функции скелетных мышц .....	54
3.4.2. Виды работы мышц и режимы мышечного сокращения .....	57
3.4.3. Биомеханические свойства мышц .....	57
3.4.4. Трехкомпонентная модель мышцы .....	62
3.4.5. Факторы, определяющие силу и скорость сокращения мышц .....	63
3.4.6. Методы определения морфометрических характеристик мышц нижних конечностей человека .....	74
3.4.7. Методика изучения моторной активности мышц при выполнении физических упражнений .....	77
3.4.8. Методика оценки сенсорной активности мышц при двигательных действиях человека .....	82
<b>Глава 4. Основы биомеханического контроля</b> .....	87
4.1. Измерения в биомеханике .....	87
4.2. Лабораторные и натурные измерения. Биомеханические характеристики .....	88
4.3. Технические средства и методики измерения .....	90
<b>Глава 5. Биомеханические особенности моторики человека</b> .....	102
5.1. Индивидуальные и групповые особенности моторики человека .....	102
5.1.1. Телосложение и моторика человека .....	102
5.1.2. Онтогенез моторики. Изменение биомеханических параметров естественных локомоций в онтогенезе .....	104
5.1.3. Двигательная асимметрия и двигательные предпочтения .....	108
5.2. Биомеханика двигательных качеств человека .....	109
5.2.1. Двигательные качества как различные стороны моторики .....	109
5.2.2. Биомеханика силовых, скоростных и скоростно-силовых качеств .....	110
5.2.3. Биомеханические основы выносливости .....	119
5.2.4. Биомеханика гибкости .....	124
<b>Глава 6. Биомеханические аспекты формирования и совершенствования двигательных действий человека</b> .....	129
6.1. Нервные механизмы двигательной деятельности (внутренняя система управления) .....	129
6.1.1. Уровни управления движениями .....	129
6.1.2. Двигательные (моторные) программы .....	139
6.1.3. Роль программирования в формировании действия .....	142
6.1.4. Роль обратных связей в управлении движениями .....	145
6.1.5. Стратегии движения .....	150
6.2. Математическое моделирование движений .....	155
6.2.1. Основные подходы к моделированию .....	155
6.2.2. Прямая и обратная задачи механики при моделировании движений человека .....	158

6.3. Спортивно-техническое мастерство .....	169
6.3.1. Моторная и сенсорная функции мышц при выполнении спортивных движений .....	169
6.3.2. Тенденции изменения параметров спортивной техники в ряде видов спорта с ростом спортивного результата .....	180
6.3.3. Биомеханические основы координации движений .....	189
6.3.4. Биомеханика упражнений прогрессирующей сложности ....	194
6.3.5. Биомеханические черты спортивного мастерства .....	195
6.3.6. Биомеханические аспекты спортивной тактики .....	210

## **Глава 7. Биомеханика различных видов движений человека .....**

7.1. Движение вокруг осей .....	213
7.1.1. Вращение в суставе .....	213
7.1.2. Вращательные движения тела при опоре .....	214
7.1.3. Основные способы управления движениями вокруг осей ...	217
7.2. Локомоторные движения .....	223
7.2.1. Биомеханика ходьбы и бега .....	223
7.2.2. Передвижение с опорой на воду .....	228
7.2.3. Передвижение со скольжением .....	234
7.2.4. Передвижение с механическими преобразователями движения .....	235
7.3. Перемещающие движения .....	236
7.4. Волновые процессы в двигательных действиях человека .....	241
7.4.1. Представление о волновом процессе в движениях человека. Волновая передача энергии через мышцу .....	241
7.4.2. Координационное упорядочивание структуры двигательного действия через волновой процесс .....	243
7.5. Опорные взаимодействия .....	244
7.5.1. Виды опорных взаимодействий. Анализ динамограмм .....	244
7.5.2. Общие представления об опорных взаимодействиях .....	251
7.5.3. Ударные процессы в опорных взаимодействиях .....	254
7.5.4. Влияние упругих свойств опор на процессы передачи энергии в теле человека .....	258
7.5.5. Взаимодействия в системе «спортсмен — обувь — покрытие» .....	259
7.5.6. Взаимодействие спортсменов со спортивными снарядами .....	261
7.5.7. Равновесие, устойчивость и сохранение позы .....	263

## **Глава 8. Биомеханические технологии формирования и совершенствования движений с заданной результативностью .....**

8.1. Человек и внешняя среда .....	269
8.2. Внешняя система управления движениями спортсмена .....	272
8.3. Тренажеры и тренировочные приспособления .....	283

8.4. Биологические обратные связи в практике физкультурно-спортивной работы .....	292
8.5. Биомеханические условия оптимизации свойств спортивного инвентаря и оборудования .....	295
8.6. Реализация принципа технико-физического сопряжения посредством биомеханических средств тренировки .....	297
8.7. Биомеханические методы и средства вывода спортсменов на рекордную результативность .....	302
Список литературы .....	311