

УДК 796.012
Т 98

Рецензент: А.В. Самсонова

*доктор педагогических наук, профессор, заведующая кафедрой биомеханики
НГУ им. П.Ф.Лесгафта, г.Санкт-Петербург, почетный работник
высшего профессионального образования РФ.
С рецензией можно ознакомиться на сайте: allasamsonova.ru*

Т 98

Тураев, В. Т.

Мышечно-сухожильный комплекс: анатомия, биомеханика, спортивная практика. Монография [текст] / В.Т.Тураев, В.В.Тюпа — М.: ТВТ Дивизион, 2023. — 320 с.

ISBN 978-5-98724-255-1

Механические роли сухожильных и мышечных сократительных элементов часто рассматриваются независимо друг от друга, но функционально эти элементы тесно интегрированы.

Авторы постарались изложить материал в максимально доступной форме, как это они всегда делают в своих работах, фактически занимаясь заодно популяризацией научных исследований. Этим объясняется как детализация в одних разделах, так и некоторые упрощения в изложении материалов в других разделах.

Монография подготовлена по результатам как собственных, так и научных исследований советских, российских и иностранных ученых. Приведены оригинальные и уникальные по своей сути материалы со ссылками на первоисточники.

Надеемся, что книга будет полезна всем читателям и станет для них как пособием, так и справочником, который поможет в практической работе.

Издание предназначено для студентов, аспирантов и преподавателей ВУЗов и факультетов физической культуры, научных сотрудников, а также тренеров и спортсменов, которые далеко не всегда имеют время и возможность изучать научные труды.

УДК 796.012

ISBN 978-5-98724-255-1

© Тураев В.Т., Тюпа В.В., 2023

© Оформление ТВТ Дивизион, 2023

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	10
-----------------------	----

ГЛАВА 1. МОДЕЛИ БИОМЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МЫШЦ	12
1.1. Модели механики мышц	13
1.2. Эволюция взгляда на механику мышцы: от пружины до модели А.В.Хилла	15
1.2.1. Вязкоупругие теории или теории «введенной пружины»	15
1.2.2. Уравнение мышечного сокращения	21
1.2.3. Модель Хилла	26
1.2.4. Преимущества и недостатки модели Хилла	31
1.3. История изучения мышечного сокращения с молекулярной точки зрения	32
1.3.1. Начальный этап изучения молекулярного состава мышцы	32
1.3.2. Этап ошибок и неудач	35
1.3.3. Два разных Хаксли, не связанных друг с другом, и их коллеги.....	37
1.3.4. Модель молекулярной структурной единицы мышцы — саркомера	42
1.3.5. Гипотеза (модель) скользящих нитей	49
1.3.6. Гипотеза (модель) прикрепления и открепления поперечных мостиков.....	53
1.3.7. Механика сокращения	60
1.3.8. Преимущества и недостатки модели Хаксли	70
1.4. Заключение	70

ГЛАВА 2. МОДЕЛИРОВАНИЕ БИОМЕХАНИЧЕСКОГО «ПОВЕДЕНИЯ» ИЗОЛИРОВАННОГО МЫШЕЧНО- СУХОЖИЛЬНОГО КОМПЛЕКСА	72
2.1. Моделирование растяжения неактивного мышечно- сухожильного комплекса	72
2.1.1. Модели вязкости и упругости биологических	

материалов	72
2.1.2. Компоненты моделей вязкости и упругости материалов	73
2.1.3. Растяжение изолированного последовательного упругого компонента	78
2.1.4. Растяжение саркомера.....	81
2.1.5. Растяжение неактивного саркомера и параллельного упругого компонента	83
2.1.6. Растяжение неактивного саркомера и сухожилия	85
2.2. Моделирование растяжения активного мышечно- сухожильного комплекса	87
2.2.1. Растяжение активного саркомера.....	88
2.2.2. Растяжение активного сократительного и параллельного упругого компонентов	90
2.2.3. Растяжение активного саркомера и сухожилия	92
2.3. Модели сокращения мышечно-сухожильного комплекса	93
2.3.1. Сокращение саркомера	93
2.3.2. Сокращение саркомера и параллельного упругого компонента	93
2.3.3. Сокращение саркомера и растяжение сухожилия	94
2.3.4. Укорочение сухожилия при расслаблении саркомера и сухожилия.....	95
2.4. Цикл сокращения и растяжения сухожилия. Гистерезис	95
2.5. Моделирование сокращения различных вариантов организации саркомеров	98
2.6. Моделирование процессов гипертрофии на модели Хилла ...	103

ГЛАВА 3. МЫШЕЧНАЯ ТКАНЬ 107

3.1. Свойства мышечной ткани	107
3.1.1. Возбудимость мышечной ткани	108
3.1.2. Проводимость мышечной ткани.....	111
3.1.3. Сократимость мышечной ткани	112
3.2. Мышечное волокно	112
3.3. Типы мышечных волокон. Мышечная композиция	117
3.3.1. Метод классификации по активности миозиновой АТФ-азы.....	118
3.3.2. Метод классификации по ферментам митохондрий	119
3.4. Характеристики медленно сокращающихся	

и быстро сокращающихся волокон	121
3.5. Двигательные единицы	124
3.6. Распределение типов волокон	128
3.7. Тип волокна и спортивные достижения.....	129
3.8. Рекрутирование мышечных волокон	131
3.9. Устройство мышцы	134
3.10. Иннервация мышцы.....	135
3.11. Параллельный упругий комплекс	136
3.12. Сухожилия. Устройство и функции.....	138
3.12.1. Мышечно-сухожильное соединение	139
3.12.2. Костно-сухожильное соединение	141
3.12.3. Состав сухожилия	142
3.12.4. Кровоснабжение и иннервация сухожилий	145
3.12.5. Уменьшение трения.....	145
3.12.6. Механические свойства сухожилий: упругость и прочность	147
3.12.7. Рецепторы сухожилий	149
3.13. Связки	150
3.14. Мышечные рефлексы.....	153
3.14.1. Рефлекс растяжения мышцы (стретч-рефлекс)	154
3.14.2. Гольджи-рефлекс.....	158
3.14.3. Эффект реципрокного торможения	159
3.15. Функции мышц.....	161

ГЛАВА 4. АРХИТЕКТУРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЫШЦ 162

4.1. Мышечная архитектура.....	162
4.1.1. Параллельные и веретенообразные мышцы	164
4.1.2. Перистые мышцы.....	165
4.1.3. Угол перистости.....	170
4.1.4. Физиологический и анатомический поперечники мышцы	171
4.1.5. Различия между мышцами с параллельным и перистым расположением волокон.....	172
4.1.6. Пути действия силы.....	173
4.2. Влияние мышечной архитектуры на параметры зависимости сила-длина мышечно-сухожильного комплекса	175
4.2.1. Мышечно-сухожильный комплекс с длинными мышечными волокнами и короткими сухожилиями	175
4.2.2. Мышечно-сухожильный комплекс с короткими	

мышечными волокнами и длинными сухожилиями.....	177
4.2.3. Влияние длины сухожилия на параметры зависимости «сила — угол в суставе»	181
4.2.4. Сравнение мышечно-сухожильных комплексов с разной архитектурой	184
4.2.5. Функциональная специализация мышечно-сухожильных комплексов	186

ГЛАВА 5. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ МЫШЦ

И СПОРТИВНАЯ ПРАКТИКА	190
5.1. Мышцы-агонисты, -синергисты, -антагонисты.....	190
5.2. Взаимодействия мышц-антагонистов	194
5.2.1. Одновременная ЭМГ-активность мышц-антагонистов	196
5.2.2. Электромеханическая задержка.....	199
5.3. Взаимодействия мышц кинематических цепей. Мышечные ансамбли.....	203
5.4. Антигравитационные мышцы.....	211
5.5. Двусуставные мышцы	214

ГЛАВА 6. ВЛИЯНИЕ АРХИТЕКТУРЫ МЫШЕЧНО-СУХОЖИЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ

НА ЭВОЛЮЦИЮ ЧЕЛОВЕКА.....	229
6.1. Локомоции приматов — предков человека	229
6.2. Прямохождение. Двухногие локомоции (походки).....	229
6.2.1. Ходьба	232
6.2.2. Бег	233
6.2.3. Длительный бег.....	234
6.3. Эволюционные гипотезы, или зачем преодолевать большие расстояния пешком или бегом?	242
6.4. Структурные изменения в ходе адаптации к бегу на выносливость	243
6.4.1. Прочность скелета.....	246
6.4.2. Стабилизация туловища.....	248
6.4.3. Терморегуляция и дыхание	250
6.4.4. Энергетика и механика.....	254
6.5. Увеличение длины сухожилия	258
6.5.1. Ахиллово сухожилие.....	260
6.5.2. Свод стопы.....	261

6.6. Рекуперация энергии	263
6.7. Локомоторные мышцы	273
6.8. Роль труда в процессе превращения обезьяны в человека.....	275

ГЛАВА 7. РЕЖИМЫ РАБОТЫ

МЫШЕЧНО-СУХОЖИЛЬНОГО КОМПЛЕКСА	278
7.1. Состояние мышцы.....	278
7.2. Классификация режимов работы мышц.	280
7.2.1. Преодолевающий режим работы мышц	283
7.2.2. Уступающий режим работы мышц	285
7.2.3. Изометрический режим работы мышц.....	287
7.3. Циклическая смена режимов работы мышц	288
7.4. Баллистический тип движения.....	290
7.5. Плиометрический тип движения.....	292
7.6. Статодинамические упражнения	297

ЛИТЕРАТУРА	298
-------------------------	------------