Содержание

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ...8

ГЛАВА 1. ПОДХОДЫ К РЕШЕНИЮ ПРОБЛЕМЫ ОЦЕНКИ СКОРОСТНО-СИЛОВЫХ СВОЙСТВ МЫШЦ. ЦЕЛЬ, НАПРАВЛЕНИЯ, ЗАДАЧИ, МЕТОДЫ И ОРГАНИЗАЦИЯ ИССЛЕДОВАИЙ...14

1.1. Подходы к решению проблемы скоростно-силовых свойств мышц...14

1.2. Цель, направления, задачи, методы и организация исследований...40

1.3. Целесообразность использования применяемых методов в исследовании...45

1.4. Обозначения и сокращения...47

ГЛАВА 2. СОЗДАНИЕ МЕХАНИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ТЕЛА ЧЕЛОВЕКА ДЛЯ ПЛОСКОГО И ТРЕХМЕРНОГО ДВИЖЕНИЙ...48

2.1. Масс-инерционные характеристики нижней конечности человека...48

2.2. Особенности построения механико-математических моделей локомоций человека...53

2.2.1. Определение сил сопротивления внешней среды, действующих на

тело человека...54

2.2.2. Особенности моделирования локомоций в двухопорной фазе...56

2.2.3. Моменты пассивного сопротивления в суставах нижней конечности...57

2.3. Трехмерная модель тела человека...60

2.3.1. Определение межзвенных сил в суставах 16-звенной трехмерной модели тела человека...63

2.3.2. Определение управляющих моментов в суставах 16-сегментной трехмерной модели тела человека...64

2.4. Плоская модель тела человека...65

2.4.1. Структура левых частей динамических уравнений плоской антропоморфной модели...66

2.4.2. Структура правых частей динамических уравнений Лагранжа 2-го рода плоской антропоморфной модели...67

2.4.3. Автоматический алгоритм построения уравнений движения плоской N-сегментной модели тела человека...69

2.5. Этапы решения и исследование чувствительности обратной задачи при изменении входных параметров на примере плоской антропоморфной модели...71

2.6. Построение модели мышечной системы нижних конечностей человека...74

2.6.1. Мышечные силы, действующие на сегменты тела...84

2.7. Резюме...100

ГЛАВА 3. БИОМЕХАНИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОПОРНО-ДВИГАТЕЛЬНОГО

АППАРАТА НИЖНЕЙ КОНЕЧНОСТИ...103

3.1. Модель мышцы...103

3.1.1. Определение объемов, физиологических поперечников мышц и анатомических поперечников сухожилий мышц нижней конечности...103

3.1.2. Объемы мышц нижней конечности...105

3.1.3. Определение анатомической и оптимальной длины волокон мышц нижней конечности...107

3.1.4. Углы перистости мышц нижней конечности...117

3.1.5. Определение анатомического поперечника сухожилий мышц нижней конечности...119

3.2. Построение биомеханической модели мышц нижней конечности человека...124

3.2.1. "Нитяная" и "центроидная" модели мышцы...124

3.2.2. Определение точек крепления мышц к скелету нижней конечности...125

3.2.3. Нормирование (масштабирование) точек крепления на анатомические признаки...128

3.2.4. Алгоритм определения длины мышцы, моделируемой в виде прямой нити...136

3.3. Биомеханическая модель тазобедренного сустава. Длины, плечи тяги мышц нижней части туловища...137

3.4. Биомеханическая модель коленного сустава...141

3.4.1. Положение центра вращения в коленном суставе в сагиттальной

плоскости...141

3.4.2. Особенности функционирования сустава «patella-ossis femoris»...145

3.4.3. Определение плеч тяги мышц задней поверхности бедра и т. quadriceps...149

3.4.4. Плечи тяги lig. patellae...153

3.4.5. Плечи тяги tendo m. quadricipitis femoris...153

3.4.6. Геометрическая модель четырехглавой мышцы...155

3.5. Биомеханическая модель голеностопного сустава...160

3.5.1. Геометрическая модель мышц - сгибателей и разгибателей стопы...160

3.5.2. Определение длин т. triceps surae, т. flexor digitorum longus, m. flexor hallucis longus, m. fibularis longus /brevis и т. tibialis posterior...164

3.5.3. Определение длины связки retinaculum mm. extensors superior и длины

т. tibialis anterior...167

3.5.4. Определение угла наклона tendo calcaneus к продольной оси голени...169

3.5.5. Определение плеч тяги мышц - разгибателей и сгибателей стопы...169

3.6. Резюме...175

ГЛАВА 4. ПОСТРОЕНИЕ РЕГРЕССИОННЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ «СИЛА-ДЛИНА-СКОРОСТЬ-ВРЕМЯ» ДЛЯ МЫШЦ НИЖНЕЙ КОНЕЧНОСТИ...180

4.1. Модель распределения силовой активности между синергистами в статических режимах сокращения...181

4.2. Модель распределения силовой активности между синергистами в динамических режимах сокращения...185

4.2.1. Влияние размеров физиологического поперечника и длины быстрых волокон на скоростно-силовые свойства мышц...186

4.3. Определение вида модели (статическая или динамическая) для расчетов скоростно-силовых свойств мышц нижней конечности...200

4.4. Определение скоростно-силовых свойств мышц нижней конечности методом изокинетической динамометрии...207

4.5. Определение максимальной статической силы одно -и двусуставных мышц и оптимальной длины мышечно-сухожильных комплексов...212

4.6. Определение регрессионной зависимости «сила-скорость» мышц нижней конечности...222

4.7. Определение регрессионной зависимости «сила-время» мышц нижней конечности...225

4.8. Определение регрессионной зависимости «сила-длина-скорость-время» для мышц нижней конечности (статический и преодолевающий режимы)...227

4.9. Резюме...234

ГЛАВА 5. ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МЫШЦ НИЖНЕЙ

КОНЕЧНОСТИ ЧЕЛОВЕКА...238

5.1. Зависимость между СЭМГ, силой и скоростью мышечного сокращения в различных режимах сокращения...241

5.2. Определение электромеханической задержки суставного момента

методом изокинетической динамометрии...249

5.3. Резюме...251

ГЛАВА 6. СКОРОСТНО-СИЛОВЫЕ СВОЙСТВА И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЫШЦ НИЖНЕЙ КОНЕЧНОСТИ ЧЕЛОВЕКА ПРИ ЛОКОМОЦИЯХ...256

6.1. Математическая постановка задачи определения сил мышц при локомоциях человека...261

6.2. Определение сил тяги мышц нижней конечности методом нелинейного квадратического программирования...266

6.2.1. Физиолого-анатомические предположения, лежащие в основе построения целевой функции...267

6.2.2. Предположения, лежащие в основе построения систем ограничений

модели в виде равенств и неравенств...270

6.2.3. Алгоритм определения начальных значений сил тяги мышц...280

6.2.4. Влияние оптимизируемого функционала на решение задачи нахождения сил тяги мышц...281

6.4. Роль одно- и двусуставных мышц нижней конечности при наземных локомоциях...296

6.5. Механическая работа при локомоциях человека...309

6.6. Механическая работа волокон, сухожилий и трансформация механической работы между суставами при спортивных локомоциях человека...318

6.7. Резюме...331

ГЛАВА 7. ПОСТРОЕНИЕ ИМИТАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ С ЦЕЛЬЮ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ И СКОРОСТНО-СИЛОВЫХ СВОЙСТВ МЫШЦ, НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ДВИГАТЕЛЬНЫХ ДЕЙСТВИЙ В СПЕЦИАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ...339

7.1. Имитационное биомеханическое моделирование как метод изучения двигательных действий человека...339

7.2. Моделирование ходьбы на вертикальной дорожке (специальные условия)...345

7.4. Трехмерная имитационная модель локомоций человека (на примере бега

на коньках)...348

7.4.1. Определение достоверности компьютерной модели бега на коньках...352

7.5. Применение имитационного моделирования для определения механических характеристик бега на коньках с рекордной скоростью...355

7.7. Определение скоростно-силовых характеристик мышц нижней конечности для бега на коньках с рекордной скоростью...358

7.7.1. Исследование биомеханических характеристик отталкивания при имитации бега на коньках в модельных условиях...362

7.7.2. Модельные скоростно-силовые характеристики мышц -разгибателей коленного сустава при беге на коньках с рекордной скоростью...363

7.8. Резюме...370

РЕЗУЛЬТАТЫ...372

ВЫВОДЫ...387

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ...:...391

ПРИЛОЖЕНИЯ...428

П1. Определение кинематических, динамических и электромиографических характеристик локомоций биомеханическими оптико-электронными комплексами...428

П1.2. Система видеоанализа движений...429