

УТВЕРЖАЮ

Проректор по учебной работе _____

[Подпись]

09.06.2019

М.П. [Печать]

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе ВЛГАФК
Е.Ю. Андриянова
2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

образовательной программы по направлению подготовки

по профилю подготовки - спортивная подготовка по виду спорта (лыжный спорт и спортивное ориентирование), тренерско-преподавательская деятельность в образовании
квалификация – Тренер по виду спорта. Преподаватель

Форма обучения очная

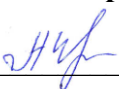
Автор-разработчик:

Гладченко Денис Александрович, кандидат биологических наук, доцент кафедры
естественно-научных дисциплин

Великие Луки 2023

Заведующий кафедрой естественно-научных дисциплин

Челноков Андрей Алексеевич, доктор биологических наук, профессор

 (подпись)

Заведующая библиотекой ФГБОУ ВО «ВЛГАФК»:

Орлова Виалетта Викторовна

 (подпись)

Рецензенты:

Челноков Андрей Алексеевич, доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой естественно-научных дисциплин ФГБОУ ВО «ВЛГАФК»

Челнокова Марина Игоревна, кандидат биологических наук, доцент, заведующая кафедрой ветеринарии ФГБОУ ВО «ВГСХА»

РЕЕНЗИЯ

на фонд оценочных средств рабочей программы дисциплины «Биомеханика двигательной деятельности» по направлению подготовки 49.03.04 Спорт по профилю подготовки - спортивная подготовка по виду спорта (лыжный спорт и спортивное ориентирование), тренерско-преподавательская деятельность в образовании (квалификация – тренер по виду спорта, преподаватель) ФГБОУ ВО «Великолукская государственная академия физической культуры и спорта»

Фонд оценочных средств (ФОС), как неотъемлемая часть нормативно-методического обеспечения системы оценки качества освоения обучающимися программы бакалавриата, включён в состав рабочей программы дисциплины направления подготовки 49.03.04 Спорт по профилю подготовки - спортивная подготовка по виду спорта (лыжный спорт и спортивное ориентирование). В документе представлены планируемые результаты по освоению дисциплины «Биомеханика двигательной деятельности» в рамках программы бакалавриата - компетенции и, соответствующие им, знания, умения, навыки.

Рецензируемый ФОС представляет собой комплекс методических рекомендаций для самостоятельного изучения материала и практические задания, предназначенный для оценивания компетенций, знаний, умений, владений практическими навыками обучающихся в соответствии с избранным видом спорта. Обучающиеся при ознакомлении с документом получают информацию о средствах и критериях оценивания своих результатов обучения по данной дисциплине, о требованиях для сдачи экзамена.

Рецензируемый ФОС по дисциплине «Биомеханика двигательной деятельности» имеет междисциплинарный характер, то есть позволяет выявить у обучающихся знания, умения, навыки при проведении практических работ.

Заключение: Применение в представленном виде ФОС по дисциплине «Биомеханика двигательной деятельности» для обучающихся по программе подготовки 49.03.04 Спорт по профилю подготовки - спортивная подготовка по виду спорта (лыжный спорт и спортивное ориентирование) считаю целесообразным, поскольку ФОС решает задачу осуществления промежуточной аттестации обучающихся, проводящих практические задания, и позволяет оценить степень достижения запланированных результатов в установленные учебным планом сроки.

 Челноков Андрей Алексеевич, заведующий кафедрой естественно-научных дисциплин ФГБОУ ВО «ВЛГАФК» профессор, доктор биологических наук

Подпись заведующего кафедрой естественно-научных дисциплин ФГБОУ ВО «ВЛГАФК» Челнокова Андрея Алексеевича удостоверяю

Начальник отдела кадров ФГБОУ ВО «ВЛГАФК»  И.Г. Попланова

30 августа 2023 года



ЭКСПЕРТНОЕ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

на фонд оценочных средств рабочей программы дисциплины «Биомеханика двигательной деятельности» по направлению подготовки 49.03.04 Спорт по профилю подготовки - спортивная подготовка по виду спорта (лыжный спорт и спортивное ориентирование), тренерско-преподавательская деятельность в образовании (квалификация – тренер по виду спорта, преподаватель) ФГБОУ ВО «Великолукская государственная академия физической культуры и спорта»

Содержание фонда оценочных средств рабочей программы дисциплины «Биомеханика двигательной деятельности» соответствует ООП ВО по направлению подготовки 49.03.04 Спорт по профилю подготовки - спортивная подготовка по виду спорта (лыжный спорт и спортивное ориентирование), тренерско-преподавательская деятельность в образовании (квалификация – тренер по виду спорта, преподаватель)

Критерии оценки сформулированы для всех видов оценочных средств для объективности процедур, методов оценки и направлены на получение планируемых результатов. Содержание материалов соответствует уровню обучения. Представленный перечень вопросов в количестве 43 вопросов соответствуют специфике изучаемой дисциплины, что позволяет обеспечить точность контроля.

Перечень практических навыков, необходимых для демонстрации на экзамене характерен интегративностью, междисциплинарностью, связью теории с практикой. Большинство заданий носят проблемно-деятельностный характер.

Фонд оценочных средств является полным и адекватным отображением требований ООП ВО, обеспечивает решение оценочной задачи соответствия общепрофессиональных (ОПК-1) компетенций выпускника по направлению подготовки 49.03.04 Спорт по профилю подготовки - спортивная подготовка по виду спорта (лыжный спорт и спортивное ориентирование), тренерско-преподавательская деятельность в образовании (квалификация – тренер по виду спорта, преподаватель) этим требованиям.

Составляющие фонда оценочных средств достаточно приближены к условиям будущей профессиональной деятельности обучающихся.

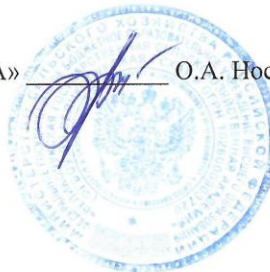
На основании проведенной экспертизы можно сделать заключение, что ФОС дисциплины «Биомеханика двигательной деятельности» ООП ВО по направлению 49.03.04 Спорт по профилю подготовки - спортивная подготовка по виду спорта (лыжный спорт и спортивное ориентирование), тренерско-преподавательская деятельность в образовании (квалификация – тренер по виду спорта, преподаватель), разработанного Гладченко Д.А., соответствует требованиям ФГОС и соответствующих профессиональных стандартов.

 Челнокова Марина Игоревна, заведующая кафедрой ветеринарии ФГБОУ ВО «ВГСХА», доцент, кандидат биологических наук.

Подпись заведующей кафедрой ветеринарии ФГБОУ ВО «ВГСХА» Челноковой Марины Игоревны удостоверяю.

Начальник отдела кадров ФГБОУ ВО «ВГСХА»  О.А. Носова

29 августа 2023 года



Оглавление

АННОТАЦИЯ	7
1. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ	7
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	9
3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ	9
3.1. Очная форма обучения.....	9
4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	11
4.1. Очная форма обучения. Распределение учебного времени по темам (разделам) и видам учебных занятий	11
5. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ	19
5.1. Перечень примерных вопросов и заданий для организации самостоятельной работы обучающегося	19
5.1.1. Очная форма обучения.....	19
5.2. Методические рекомендации к различным видам самостоятельной работы	26
5.3. Критерии оценки самостоятельной работы обучающегося.....	26
6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ	28
6.1. Показатели и критерии оценивания компетенций на этапе изучения дисциплины	28
6.2. Индикаторы достижения компетенций по уровню их сформированности	28
6.3. Соотношение индикаторов достижения со шкалой критериев их оценивания и уровнем их сформированности	29
6.4. Методические материалы для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих формирование компетенций в процессе освоения образовательной программы	30
6.4.1. Перечень вопросов для промежуточной аттестации (экзамен), оценивающих знания	30
6.4.2. Перечень тестовых заданий для промежуточной аттестации, оценивающих знания и умения	31
6.4.3. Перечень ситуационных задач на экзамене, необходимых для оценки умений и опыта деятельности	40
6.5. Паспорт оценочных средств промежуточной аттестации.....	44
6.6. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности при проведении промежуточной аттестации	45
7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	46
7.1. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	46
Рекомендуемая литература (основная).....	46
7.1.2. Рекомендуемая литература (дополнительная).....	47
7.2.2. Перечень ресурсов информационно-коммуникационной сети «Интернет»	47
7.3. Программное обеспечение.....	48
7.4. Профессиональные базы данных и информационные справочные системы	48
7.4.1. Профессиональные базы данных и информационные справочные системы, доступные в локальной сети.....	48
7.4.2. Профессиональные базы данных и информационные справочные системы, доступные в сети «Интернет» (заключены договора с ФГБОУ ВО «ВЛГАФК»)	48
7.4.3. Профессиональные базы данных и информационные справочные системы сети «Интернет» свободного доступа	49
8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	49
9. ХРОНОЛОГИЧЕСКИЙ ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН лекций, лабораторных, практических и семинарских занятий по дисциплине	50

9.1. Очная форма обучения.....	50
ПРИЛОЖЕНИЕ №1	53
Контрольные работы для обучающихся	53
ПРИЛОЖЕНИЕ №2	64
Методические указания для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья....	64
ПРИЛОЖЕНИЕ №3	68
Тексты/конспекты лекций	68
ПРИЛОЖЕНИЕ №4	132
Электронный образовательный ресурс	132
ПРИЛОЖЕНИЕ №5	155
Таблицы	155

АННОТАЦИЯ

1. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Изучение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

ОПК-1. Способен планировать содержание занятий физической культурой и спортом в рамках сферы спортивной подготовки, сферы образования с учетом положений теории и методики физической культуры, теории спорта, анатомо-морфологических, физиологических и психических особенностей занимающихся различного пола и возраста

Код и наименование компетенции	Код профессионального стандарта, код трудовой функции и наименование трудовой функции (при наличии), соотнесённые с профессиональным стандартом «Тренер-преподаватель» (код 05.012)	Код и наименование индикатора достижения компетенции
ОПК-1. Способен планировать содержание занятий физической культурой и спортом в рамках сферы спортивной подготовки, сферы образования с учетом положений теории и методики физической культуры, теории спорта, анатомо-морфологических, физиологических и психических особенностей занимающихся различного пола и возраста	А/01.6 Планирование содержания занятий физической культурой и спортом А/03.6 Проведение занятий физической культурой и спортом	ОПК-1.1. Знает: - <i>положения теории и методики физической культуры, теории спорта, теории и методики избранного вида спорта, биомеханики двигательной деятельности, анатомии человека</i> ; - <i>анатомо-морфологические, физиологические и гендерные особенности взрослых и детей, методику контроля и оценки антропометрических, физиологических, параметров человека</i> ; - <i>физиологическую характеристику нагрузки; специфику, масштабы и предметные аспекты планирования, его объективные и субъективные предпосылки</i> ; - <i>возрастные характеристики спортсменов и специфические</i>

		<i>особенности тренировочного процесса в организациях, осуществляющих спортивную подготовку в соответствии с федеральными стандартами спортивной подготовки</i>
		ОПК-1.2. Умеет: - обосновывать выбор средств и методов тренировочного процесса по видам подготовки на этапах спортивной подготовки по виду спорта; - реализовывать программу спортивной подготовки по виду спорта с учетом возрастных характеристик и уровня подготовленности спортсменов; - анализировать и оценивать динамику антропометрических, физиологических, параметров спортсменов на этапах спортивной подготовки; - выявлять проблемы тренировочного процесса на этапах спортивной подготовки и резервы улучшения его результативности; - применять средства и методы в соответствии с задачами этапа спортивной подготовки, индивидуальными особенностями, спортсменов; - оценивать результативность тренировочного процесса, выявлять проблемы в организации и вносить необходимые коррективы в тренировочный процесс.
		ОПК-1.3. Имеет навыки и/или опыт деятельности: - планирование

		<i>тренировочного процесса и его коррекции исходя из особенностей различных групп движений и возможность их совершенствования, а также подбор и биомеханический контроль вспомогательных упражнений для совершенствования специальной физической и технической подготовленности спортсменов, проходящих спортивную подготовку в организации в соответствии с Федеральными стандартами.</i>
--	--	---

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина «Биомеханика двигательной деятельности» относится к обязательной части блока 1 учебного плана образовательной программы. В соответствии с учебным планом дисциплина изучается на 2 курсе при обучении на очной форме. Вид промежуточной аттестации: экзамен

Частично может быть реализована с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий. Промежуточная аттестация может быть реализована с применением дистанционных образовательных технологий.

Не реализуется в форме практической подготовки.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

3.1. Очная форма обучения

<i>Вид учебной работы</i>	<i>Всего часов</i>	<i>Семестры</i>							
		1	2	3	4	5	6	7	8
<i>Контактная работа преподавателей с обучающимися</i>	54*	-	-	-	54	-	-	-	-
<i>В том числе:</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Лекции</i>	14	-	-	-	14	-	-	-	-

<i>Семинарские занятия</i>		-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Практические занятия</i>	<i>всего</i>	40	-	-	-	40	-	-	-	-
	<i>из них в форме практической подготовки</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Лабораторные работы</i>		-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Промежуточная аттестация (экзамен)</i>		-	-	-	-	экзамен	-	-	-	-
<i>Самостоятельная работа обучающегося</i>		54	-	-	-	54	-	-	-	-
<i>В том числе:</i>		-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Курсовая работа</i>		-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Расчётно-графические работы</i>		-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Рефераты</i>		-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Письменные самостоятельные работы</i>		-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Изучение теоретического материала</i>		34	-	-	-	34	-	-	-	-
<i>Подготовка к текущей аттестации (контрольные работы, опросы и тестирования)</i>		-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Подготовка к промежуточной аттестации</i>		20	-	-	-	20	-	-	-	-
<i>В том числе:</i>	<i>часы</i>	108	-	-	-	108	-	-	-	-
	<i>зачетные единицы</i>	3	-	-	-	3	-	-	-	-

**из 20 часов – 8 в активной и интерактивной формах*

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Очная форма обучения. Распределение учебного времени по темам (разделам) и видам учебных занятий

№ п/п	Тема или раздел	Лекции	Семинарские занятия	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа обучающихся	Всего часов
1	Тема 1.1. Введение (предмет и история биомеханики)	2	-	-	-	7	9
2	Тема 1.2. Методы исследования в биомеханике	2	-	8	-	7	17
3	Тема 1.3. Биомеханика двигательного аппарата человека	2	-	8	-	8	18
4	Тема 1.4. Биомеханические аспекты управления движениями человека	2	-	8	-	8	18
5	Тема 1.5. Биомеханика двигательных качеств	2	-	-	-	8	10
6	Тема 1.6 Биомеханика технико-тактического мастерства	2	-	8	-	8	18
7	Тема 1.7. Биомеханика физических упражнений	2	-	8	-	8	18
ИТОГО (в часах)		14	-	40	-	54	108

конец аннотации

Темы и их краткое содержание Второй курс

Тема 1. Введение (предмет и история биомеханики)

Интерактивная лекция № 1 (2 часа)

Биомеханика как наука и учебная дисциплина. Механические явления в живых системах. Понятия о формах движения материи. Особенности механического движения человека. Общие и частные задачи биомеханики двигательных действий и биомеханике спорта.

Самостоятельная работа (7 часов)

Развитие биомеханики как самостоятельной науки. Основоположники возникновения биомеханике человека. Современное состояние биомеханики. Область применения знаний по биомеханике двигательных действий. Направления развития биомеханики. Связи биомеханики с другими науками.

Изучение темы направлено на приобретение:

знаний – положения теории и методики физической культуры, теории спорта, теории и методики избранного вида спорта, биомеханики двигательной деятельности, анатомии человека;

- анатомо-морфологические, физиологические и гендерные особенности взрослых и детей, методику контроля и оценки антропометрических, физиологических, параметров человека;

- физиологическую характеристику нагрузки;

- специфику, масштабы и предметные аспекты планирования, его объективные и субъективные предпосылки;

- возрастные характеристики спортсменов и специфические особенности тренировочного процесса в организациях, осуществляющих спортивную подготовку в соответствии с федеральными стандартами спортивной подготовки;

умений - обосновывать выбор средств и методов тренировочного процесса по видам подготовки на этапах спортивной подготовки по виду спорта;

- реализовывать программу спортивной подготовки по виду спорта с учетом возрастных характеристик и уровня подготовленности спортсменов;

- анализировать и оценивать динамику антропометрических, физиологических, параметров спортсменов на этапах спортивной подготовки;

- выявлять проблемы тренировочного процесса на этапах спортивной подготовки и резервы улучшения его результативности;

- применять средства и методы в соответствии с задачами этапа спортивной подготовки, индивидуальными особенностями, спортсменов;

- оценивать результативность тренировочного процесса, выявлять проблемы в организации и вносить необходимые коррективы в тренировочный процесс;

навыков/опыта деятельности – планирование тренировочного процесса и его коррекции исходя из особенностей различных групп движений и возможность их совершенствования, а также подбор и биомеханический контроль вспомогательных упражнений для совершенствования специальной физической и технической подготовленности спортсменов, проходящих спортивную подготовку в организации в соответствии с Федеральными стандартами.

Тема 2. Методы исследования в биомеханике

Интерактивная лекция № 2 (2 часа)

Методологические основы изучения двигательной деятельности человека. Понятие о двигательном действии, умении и навыке. Роль и место биомеханики в их изучении. Методы качественного биомеханического анализа. Системно-структурный подход и метод биомеханического обоснования спортивной техники. Строение двигательного

действия. Система движений, ее состав и структура. Основы действия: механические; биологические и психологические

Практическое занятие с анализом ситуаций (кейсов) № 1 (8 часов)

Применение простейших методов исследования в биомеханике. Определение антропометрических данных сегмента и тела человека. Определение массы каждого сегмента тела человека.

Самостоятельная работа (7 часов)

Изучение групп методов, применяемых в биомеханике двигательных действий и в биомеханике спорта (соматометрические, клинко-физиологические, аппаратные и т.д.).

Изучение темы направлено на приобретение:

знаний – положения теории и методики физической культуры, теории спорта, теории и методики избранного вида спорта, биомеханики двигательной деятельности, анатомии человека;

- анатомо-морфологические, физиологические и гендерные особенности взрослых и детей, методику контроля и оценки антропометрических, физиологических, параметров человека;

- физиологическую характеристику нагрузки;

- специфику, масштабы и предметные аспекты планирования, его объективные и субъективные предпосылки;

- возрастные характеристики спортсменов и специфические особенности тренировочного процесса в организациях, осуществляющих спортивную подготовку в соответствии с федеральными стандартами спортивной подготовки;

умений - обосновывать выбор средств и методов тренировочного процесса по видам подготовки на этапах спортивной подготовки по виду спорта;

- реализовывать программу спортивной подготовки по виду спорта с учетом возрастных характеристик и уровня подготовленности спортсменов;

- анализировать и оценивать динамику антропометрических, физиологических, параметров спортсменов на этапах спортивной подготовки;

- выявлять проблемы тренировочного процесса на этапах спортивной подготовки и резервы улучшения его результативности;

- применять средства и методы в соответствии с задачами этапа спортивной подготовки, индивидуальными особенностями, спортсменов;

- оценивать результативность тренировочного процесса, выявлять проблемы в организации и вносить необходимые коррективы в тренировочный процесс;

навыков/опыта деятельности – планирование тренировочного процесса и его коррекции исходя из особенностей различных групп движений и возможность их совершенствования, а также подбор и биомеханический контроль вспомогательных упражнений для совершенствования специальной физической и технической подготовленности спортсменов, проходящих спортивную подготовку в организации в соответствии с Федеральными стандартами.

Тема 3. Биомеханика двигательного аппарата человека

Интерактивная лекция № 3 (2 часа)

Характеристика опорно-двигательного аппарата человека (пассивная и активная часть). Свойство костей и мышц. Равновесие. Виды равновесия.

Практическое занятие с анализом ситуаций (кейсов) № 2.1 (8 часов)

Освоить расчетные методы биомеханики, применяемые для определения частного центра масс смежных сегментов тела человека. Научиться определять частный центр тяжести звеньев тела человека на основе среднестатистических данных.

Самостоятельная работа (8 часов)

Биомеханика мышц. Механические свойства и механическая модель мышцы. Режимы и механика мышечного сокращения. Кривая Хилла. Работа, мощность и энергия мышечного

сокращения. Особенности действия мышц на костные рычаги (золотое правило механики). Биомеханика одно, двух и много суставных мышц.

Изучение темы направлено на приобретение:

знаний – положения теории и методики физической культуры, теории спорта, теории и методики избранного вида спорта, биомеханики двигательной деятельности, анатомии человека;

- анатомо-морфологические, физиологические и гендерные особенности взрослых и детей, методику контроля и оценки антропометрических, физиологических, параметров человека;

- физиологическую характеристику нагрузки;

- специфику, масштабы и предметные аспекты планирования, его объективные и субъективные предпосылки;

- возрастные характеристики спортсменов и специфические особенности тренировочного процесса в организациях, осуществляющих спортивную подготовку в соответствии с федеральными стандартами спортивной подготовки;

умений - обосновывать выбор средств и методов тренировочного процесса по видам подготовки на этапах спортивной подготовки по виду спорта;

- реализовывать программу спортивной подготовки по виду спорта с учетом возрастных характеристик и уровня подготовленности спортсменов;

- анализировать и оценивать динамику антропометрических, физиологических, параметров спортсменов на этапах спортивной подготовки;

- выявлять проблемы тренировочного процесса на этапах спортивной подготовки и резервы улучшения его результативности;

- применять средства и методы в соответствии с задачами этапа спортивной подготовки, индивидуальными особенностями, спортсменов;

- оценивать результативность тренировочного процесса, выявлять проблемы в организации и вносить необходимые коррективы в тренировочный процесс;

навыков/опыта деятельности – планирование тренировочного процесса и его коррекции исходя из особенностей различных групп движений и возможность их совершенствования, а также подбор и биомеханический контроль вспомогательных упражнений для совершенствования специальной физической и технической подготовленности спортсменов, проходящих спортивную подготовку в организации в соответствии с Федеральными стандартами.

Тема 4. Биомеханические аспекты управления движениями человека (2 часа)

Интерактивная лекция № 4 (2 часа)

Краткий анализ существующих теорий об управлении произвольными движениями в живых системах (человек). Основные факторы и отличия теории управления движением П.К. Анохина и Н.А. Бернштейна.

Практическое занятие с анализом ситуаций (кейсов) № 2.2 (8 часов)

Использование аналитических методов определения положения центра тяжести сегмента и смежных сегментов тела и частей тела, а также использование методов, входящих в группу соматометрические.

Самостоятельная работа (8 часов)

Основные понятия теории управления. Аппарат управления и аппарат исполнения. Состояния аппарата исполнения – начальное, промежуточное и конечное. Цели управления, программа поведения, конечный результат. Воздействия управляющие и сбивающие. Способы организации управления в самоуправляемых системах. Программный способ управления. Каналы прямой и обратной связи. Незамкнутые и замкнутые контуры управления. Циклы взаимодействия – центральные и периферические. Движение информации по каналам связи. Биомеханические аспекты управления мышечной активностью. Проблемы избыточности в управлении мышечной активностью.

Принцип неоднозначности нервного импульса, мышечной силы и заданного движения. Модель потребного будущего. Управление и регуляция. Произвольный контроль и сенсорные коррекции. Функциональные системы двигательного действия – энергообеспечивающие и формообразующие.

Изучение темы направлено на приобретение:

знаний – положения теории и методики физической культуры, теории спорта, теории и методики избранного вида спорта, биомеханики двигательной деятельности, анатомии человека;

- анатомо-морфологические, физиологические и гендерные особенности взрослых и детей, методику контроля и оценки антропометрических, физиологических, параметров человека;

- физиологическую характеристику нагрузки;

- специфику, масштабы и предметные аспекты планирования, его объективные и субъективные предпосылки;

- возрастные характеристики спортсменов и специфические особенности тренировочного процесса в организациях, осуществляющих спортивную подготовку в соответствии с федеральными стандартами спортивной подготовки;

умений - обосновывать выбор средств и методов тренировочного процесса по видам подготовки на этапах спортивной подготовки по виду спорта;

- реализовывать программу спортивной подготовки по виду спорта с учетом возрастных характеристик и уровня подготовленности спортсменов;

- анализировать и оценивать динамику антропометрических, физиологических, параметров спортсменов на этапах спортивной подготовки;

- выявлять проблемы тренировочного процесса на этапах спортивной подготовки и резервы улучшения его результативности;

- применять средства и методы в соответствии с задачами этапа спортивной подготовки, индивидуальными особенностями, спортсменов;

- оценивать результативность тренировочного процесса, выявлять проблемы в организации и вносить необходимые коррективы в тренировочный процесс;

навыков/опыта деятельности – планирование тренировочного процесса и его коррекции исходя из особенностей различных групп движений и возможность их совершенствования, а также подбор и биомеханический контроль вспомогательных упражнений для совершенствования специальной физической и технической подготовленности спортсменов, проходящих спортивную подготовку в организации в соответствии с Федеральными стандартами.

Тема 5. Биомеханика двигательных качеств

Интерактивная лекция № 5 (2 часа)

Понятие о моторике человека как совокупности его двигательных возможностей. Двигательные качества – качественно различные стороны моторики. Явные, видимые и доступные непосредственному измерению двигательные возможности человека, а также латентные, скрытые, недоступные непосредственному измерению показатели двигательных качеств. Сенситивные периоды развития двигательных качеств с позиции биомеханике двигательных действий и биомеханике спорта.

Самостоятельная работа (8 часов)

Параметрические и непараметрические зависимости между силой, скоростью и длительностью двигательных заданий. Биомеханическая характеристика силовых качеств. Зависимость силы действия человека от параметров двигательных заданий (перемещаемой массы, скорости, направления движения, природы сил сопротивления). Положение тела и сила действия человека. Выбор положения тела при тренировке силы. Топография силы. Биомеханические особенности тренировки силы отдельных мышечных групп. Биомеханические требования к специальным силовым упражнениям. Метод

сопряженного воздействия. Биомеханическая характеристика скоростных качеств. Понятие о скоростных качествах. Динамика скорости. Скорость изменения силы – градиент силы. Параметрические и непараметрические зависимости между силовыми и скоростными качествами. Биомеханические аспекты двигательных реакций. Биомеханическая характеристика выносливости. Основы эргометрии. Правило обратимости двигательных заданий. Утомление и его биомеханические проявления. Выносливость и способы ее измерения. Проблема экономизации спортивной техники. Биомеханические основы экономизации спортивной техники. Особенности спортивной техники в упражнениях, требующих большой выносливости. Биомеханические характеристики гибкости. Понятие о гибкости. Методы ее измерения. Влияние гибкости на спортивную технику.

Изучение темы направлено на приобретение:

знаний – положения теории и методики физической культуры, теории спорта, теории и методики избранного вида спорта, биомеханики двигательной деятельности, анатомии человека;

- анатомо-морфологические, физиологические и гендерные особенности взрослых и детей, методику контроля и оценки антропометрических, физиологических, параметров человека;

- физиологическую характеристику нагрузки;

- специфику, масштабы и предметные аспекты планирования, его объективные и субъективные предпосылки;

- возрастные характеристики спортсменов и специфические особенности тренировочного процесса в организациях, осуществляющих спортивную подготовку в соответствии с федеральными стандартами спортивной подготовки;

умений - обосновывать выбор средств и методов тренировочного процесса по видам подготовки на этапах спортивной подготовки по виду спорта;

- реализовывать программу спортивной подготовки по виду спорта с учетом возрастных характеристик и уровня подготовленности спортсменов;

- анализировать и оценивать динамику антропометрических, физиологических, параметров спортсменов на этапах спортивной подготовки;

- выявлять проблемы тренировочного процесса на этапах спортивной подготовки и резервы улучшения его результативности;

- применять средства и методы в соответствии с задачами этапа спортивной подготовки, индивидуальными особенностями, спортсменов;

- оценивать результативность тренировочного процесса, выявлять проблемы в организации и вносить необходимые коррективы в тренировочный процесс;

навыков/опыта деятельности – планирование тренировочного процесса и его коррекции исходя из особенностей различных групп движений и возможность их совершенствования, а также подбор и биомеханический контроль вспомогательных упражнений для совершенствования специальной физической и технической подготовленности спортсменов, проходящих спортивную подготовку в организации в соответствии с Федеральными стандартами.

Тема 6. Биомеханика технико-тактического мастерства

Интерактивная лекция № 6 (2 часа)

Понятие о спортивной технике. Показатели технического мастерства. Две группы показателей: объем, разносторонность, рациональность техники; эффективность и освоенность техники. Разновидности эффективности (абсолютная, сравнительная и реализационная) техники и способы их оценки. Показатели освоенности техники (стабильность, устойчивость, автоматизированность выполнения).

Практическое занятие с анализом ситуаций (кейсов) № 3 (8 часов)

Применение графического способа для анализа положение тела, частей тела, сегментов тела, расположение частных центров масс, общего центра масс в момент выполнения технического действия, характерного для избранного вида спорта.

Самостоятельная работа (8 часов)

Моторная и сенсорная функции мышц при выполнении спортивных движений. Тренажеры и тренировочные приспособления для формирования правильной техники движения. Тенденции изменения параметров спортивной техники в ряде видов спорта с ростом спортивного результата. Биомеханические аспекты спортивной техники.

Изучение темы направлено на приобретение:

знаний – положения теории и методики физической культуры, теории спорта, теории и методики избранного вида спорта, биомеханики двигательной деятельности, анатомии человека;

- анатомо-морфологические, физиологические и гендерные особенности взрослых и детей, методику контроля и оценки антропометрических, физиологических, параметров человека;

- физиологическую характеристику нагрузки;

- специфику, масштабы и предметные аспекты планирования, его объективные и субъективные предпосылки;

- возрастные характеристики спортсменов и специфические особенности тренировочного процесса в организациях, осуществляющих спортивную подготовку в соответствии с федеральными стандартами спортивной подготовки;

умений - обосновывать выбор средств и методов тренировочного процесса по видам подготовки на этапах спортивной подготовки по виду спорта;

- реализовывать программу спортивной подготовки по виду спорта с учетом возрастных характеристик и уровня подготовленности спортсменов;

- анализировать и оценивать динамику антропометрических, физиологических, параметров спортсменов на этапах спортивной подготовки;

- выявлять проблемы тренировочного процесса на этапах спортивной подготовки и резервы улучшения его результативности;

- применять средства и методы в соответствии с задачами этапа спортивной подготовки, индивидуальными особенностями, спортсменов;

- оценивать результативность тренировочного процесса, выявлять проблемы в организации и вносить необходимые коррективы в тренировочный процесс;

навыков/опыта деятельности – планирование тренировочного процесса и его коррекции исходя из особенностей различных групп движений и возможность их совершенствования, а также подбор и биомеханический контроль вспомогательных упражнений для совершенствования специальной физической и технической подготовленности спортсменов, проходящих спортивную подготовку в организации в соответствии с Федеральными стандартами.

Тема 7. Биомеханика физических упражнений

Интерактивная лекция № 7 (2 часа)

Изучение структуры двигательных действий во время тренировочных занятий, соревнований, во время занятий массовыми и оздоровительными формами физической культуры. Выявление закономерностей в структуре физического упражнения.

Практическое занятие с анализом ситуаций (кейсов) № 4 (8 часов)

Применение аналитического способа (теорема Вариньона) для анализа положение тела, частей тела, сегментов тела, расположение частных центров масс, общего центра масс в момент выполнения технического действия, характерного для избранного вида спорта.

Самостоятельная работа (8 часов)

Выявление векторного направления сокращения мышцы при выполнении различных физических упражнений. Законы приложения силы, сегменты тела как плечи и суставы во время выполнения двигательных действий, (преодоление внешнего и внутреннего сопротивления), межмышечная координация. Изучение локальных тренажеров нового поколения, с изоляционной направленностью.

Изучение темы направлено на приобретение:

знаний – положения теории и методики физической культуры, теории спорта, теории и методики избранного вида спорта, биомеханики двигательной деятельности, анатомии человека;

- анатомо-морфологические, физиологические и гендерные особенности взрослых и детей, методику контроля и оценки антропометрических, физиологических, параметров человека;

- физиологическую характеристику нагрузки;

- специфику, масштабы и предметные аспекты планирования, его объективные и субъективные предпосылки;

- возрастные характеристики спортсменов и специфические особенности тренировочного процесса в организациях, осуществляющих спортивную подготовку в соответствии с федеральными стандартами спортивной подготовки;

умений - обосновывать выбор средств и методов тренировочного процесса по видам подготовки на этапах спортивной подготовки по виду спорта;

- реализовывать программу спортивной подготовки по виду спорта с учетом возрастных характеристик и уровня подготовленности спортсменов;

- анализировать и оценивать динамику антропометрических, физиологических, параметров спортсменов на этапах спортивной подготовки;

- выявлять проблемы тренировочного процесса на этапах спортивной подготовки и резервы улучшения его результативности;

- применять средства и методы в соответствии с задачами этапа спортивной подготовки, индивидуальными особенностями, спортсменов;

- оценивать результативность тренировочного процесса, выявлять проблемы в организации и вносить необходимые коррективы в тренировочный процесс;

навыков/опыта деятельности – планирование тренировочного процесса и его коррекции исходя из особенностей различных групп движений и возможность их совершенствования, а также подбор и биомеханический контроль вспомогательных упражнений для совершенствования специальной физической и технической подготовленности спортсменов, проходящих спортивную подготовку в организации в соответствии с Федеральными стандартами.

5. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

5.1. Перечень примерных вопросов и заданий для организации самостоятельной работы обучающегося

5.1.1. Очная форма обучения

№ п/п	Тема/раздел	Виды и содержание самостоятельной работы	Трудоемкость, часов
	Тема 1. Введение (предмет и история биомеханики)	<i>Вопросы для самостоятельного изучения и самоконтроля:</i> 1. Что изучает биомеханика и каковы задачи спортивной биомеханики. 2. В чем отличие механических движений человека от движений обычных материальных тел. 3. Каковы основные направления развития биомеханики как науки. 4. Кто основоположник отечественной биомеханики 5. Какие науки лежат в основе биомеханики. 3. В чем различия биомеханики физических упражнений и биомеханики спорта. Рекомендованные источники литературы: 1. Попов, Г.И. Биомеханика двигательной деятельности: учеб. для студ. учреждений высш. проф. образования / Г.И. Попов, А.В. Самсонова. - М.: издательский центр «Академия», 2011. - 320 с. 2. Попов, Г.И. Биомеханика двигательной деятельности: учеб. для студ. учреждений высш. проф. образования / Г.И. Попов, А.В. Самсонова. - 3-е изд., стер. - М.: Академия, 2014. - 320 с. - (Высш. проф. образование; Бакалавриат). И 2013 г. 3. Попов, Г.И. Биомеханика двигательной деятельности: учеб. для студ. учреждений высш. проф. образования / Г.И. Попов, А.В. Самсонова. - 2-е изд., стер. - М.: Академия, 2013. - 320 с. - (Высш. проф. образование; Бакалавриат).	7
	Тема 2. Методы исследования в биомеханике	<i>Подготовка к практическому занятию на основе лекции «Методы исследования в биомеханике»:</i> 1. Какова основная роль биомеханики в изучении двигательных действий.	7

		2. Перечислите основные этапы биомеханического обоснования строения двигательного действия. 3. В чем различие между прямой и обратной задачами механики при использовании механико-математических методов исследования. 4. Перечислите основные этапы создания теоретических (умозрительных или математических) моделей двигательного аппарата человека. 5. В чем принципиальное различие между оптическими и механо-электрическими методиками регистрации движений человека. Рекомендованные источники литературы: 1. Биленко, А.Г. Измерения в биомеханике физических упражнений. Практический курс [Электронный ресурс]: учеб. пособие / А.Г. Биленко; НГУ физической культуры, спорта и здоровья им. П.Ф. Лесгафта. – Электрон. дан. – СПб., 2010. - Режим доступа: локальная сеть ВЛГАФК. – Загл. с экрана. 2. Биленко, А.Г. Основы измерений в биомеханике физических упражнений. Теоретический курс [Электронный ресурс]: учеб. Пособие / А.Г. Биленко, Л.П. Говорков; НГУ физической культуры, спорта и здоровья им. П.Ф. Лесгафта, Санкт-Петербург. – Электрон. Дан. – СПб., 2011. – Режим доступа: локальная сеть ВЛГАФК. – Загл. с экрана. 3. Воронов, И.А. Моделирование и биомеханический анализ спортивных поз и движений с применением пакетов трехмерной графики [Электронный ресурс]: учебно-метод. пособие / И.А. Воронов; НГУ физической культуры, спорта и здоровья им. П.Ф. Лесгафта, Санкт-Петербург. – Электрон. Дан. – СПб.: [б.и.], 2010. – Режим доступа: локальная сеть ВЛГАФК. – Загл. с экрана.	
	Тема 3. Биомеханика двигательного аппарата человека	<i>Подготовка к практическому занятию на основе лекции «Биомеханика двигательного аппарата»:</i> 1. В чем различие между замкнутыми и незамкнутыми кинематическими цепями. 2. Как определить подвижность кинематической цепи. 3. С какой целью в биомеханике используют механическую модель мышцы. 4. Как зависят сила тяги пассивной и активной мышцы от ее длины. 5. При каких из трех режимах мышечного	8

		сокращения (преодолевающий, изометрический или уступающий) мышца проявляет наибольшую силу тяги. 6. При каких соотношениях силы и скорости изменения длины мышцы (в преодолевающем режиме) наблюдается максимальная мощность ее сокращения. 7. Почему в большинстве суставов тела человека мышцы проигрывают в силе тяги за костный рычаг, но выигрывают в скорости его движения. 8. Какова, с биомеханической точки зрения, функция двусуставных мышц. Рекомендованные источники литературы: 1. Баранцев, С.А. Возрастная биомеханика основных видов движений школьников: монография / С.А. Баранцев. - М.: Советский спорт, 2014. - 304 с. 2. Курысь, В.Н. Биомеханика. Познание телесно-двигательного упражнения: учеб. пособие / В.Н. Курысь. - М.: Советский спорт, 2013. - 368 с. 3. Коренберг, В.Б. Лекции по спортивной биомеханике (с элементами кинезиологии): учеб. пособие / В.Б. Коренберг. - М.: Советский спорт, 2011. - 206 с. 4. Бегун, П.И. Биомеханика человека [Электронный ресурс]: учеб. пособие / П.И. Бегун, О.В. Кривохижина, Е.А. Лебедева. - Ч. 1. Моделирование в биомеханике человека. - Электрон. дан. – СПб.: НГУФК им. П.Ф. Лесгафта, 2015. - Режим доступа: локальная сеть библиотеки ВЛГАФК. - Загл. с экрана.	
	Тема 4. Биомеханические аспекты управления движениями человека	<i>Подготовка к практическому занятию на основе лекции «Методы исследования в биомеханике»:</i> 1. Какие показатели характеризуют распределение масс в теле человека. 2. Почему у годовалого ребенка относительная высота ОЦМ тела над опорой в основной стойке больше, чем у взрослого человека. 3. Почему быстрые сгибания и разгибания в плечевых суставах при беге на месте легче выполнять согнутыми, а не прямыми руками. 4. В чем разница между внешними и внутренними силами в движениях человека. 5. Почему повышение внутрибрюшного давления снижает нагрузку на позвоночник,	8

		особенно при наклоне туловища вперед. 6. Как изменяется соотношение внутренней и внешней работы с ростом скорости в циклических локомоциях. 7. Какие существуют способы экономии механической энергии внутри системы при движениях человека. Рекомендованные источники литературы: 1. Попов, Г.И. Биомеханика двигательной деятельности: учеб. для студ. учреждений высш. проф. образования / Г.И. Попов, А.В. Самсонова. - 2-е изд., стер. - М.: Академия, 2013. - 320 с. - (Высш. проф. образование; Бакалавриат). 2. Биленко, А.Г. Измерения в биомеханике физических упражнений. Практический курс [Электронный ресурс]: учеб. пособие / А.Г. Биленко; НГУ физической культуры, спорта и здоровья им. П.Ф. Лесгафта. – Электрон. дан. – СПб., 2010. - Режим доступа: локальная сеть ВЛГАФК. – Загл. с экрана. 3. Биленко, А.Г. Основы измерений в биомеханике физических упражнений. Теоретический курс [Электронный ресурс]: учеб. Пособие / А.Г. Биленко, Л.П. Говорков; НГУ физической культуры, спорта и здоровья им. П.Ф. Лесгафта, Санкт-Петербург. – Электрон. Дан. – СПб., 2011. – Режим доступа: локальная сеть ВЛГАФК. – Загл. с экрана. 4. Воронов, И.А. Моделирование и биомеханический анализ спортивных поз и движений с применением пакетов трехмерной графики [Электронный ресурс]: учебно-метод. пособие / И.А. Воронов; НГУ физической культуры, спорта и здоровья им. П.Ф. Лесгафта, Санкт-Петербург. – Электрон. Дан. – СПб.: [б.и.], 2010. – Режим доступа: локальная сеть ВЛГАФК. – Загл. с экрана.	
	Тема 5. Биомеханика двигательных качеств	<i>Вопросы для самостоятельного изучения и самоконтроля:</i> 1. Перечислите основные факторы, влияющие на силовые способности человека. 2. Почему с изменением угла в суставе изменяется внешне проявляемый момент силы мышц. 3. Топография силы и как она связана со спортивной специализацией. 4. Как измерить силовые возможности спортсмена. 5. На какие фазы можно разделить время	8

		любой двигательной реакции человека и какие из них поддаются тренировке. 6. Как связаны между собой показатели скорости и силы в одних и тех же и в разных двигательных заданиях. <i>Подготовка к контрольной работе №1 по теме «Кинематические характеристики. Спортивно-техническое мастерство»» (приложение 1)</i> Рекомендованные источники литературы: 1. Кичайкина, Н. Б. Спортивная биомеханика [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Н.Б. Кичайкина. - Электрон. дан. – СПб.: НГУФК им. П.Ф. Лесгафта, 2015. – Режим доступа: локальная сеть библиотеки ВЛГАФК. – Загл. с экрана. 2. Кичайкина, Н.Б. Биомеханика двигательных действий [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Н.Б. Кичайкина, А.В. Самсонова. - Электрон. текстовые дан. (1 файл). - СПб.: НГУФК им. П.Ф. Лесгафта, 2014. - Режим доступа: локальная сеть библиотеки ВЛГАФК. - Загл. с экрана. 3. Кичайкина, Н.Б. Закономерности формирования и совершенствования систем движений [Электронный ресурс] учеб. пособие / Н.Б. Кичайкина, И.В. Косьмин. - Электрон. дан. - СПб.: НГУФК им. П.Ф. Лесгафта, 2017. - Режим доступа: локальная сеть библиотеки ВЛГАФК. - Загл. с экрана. 4. Михайлов, С.С. Биомеханические основы спортивной работоспособности [Электронный ресурс]: учеб. пособие / С.С. Михайлов. - 2-е изд., доп. - Электрон. дан. - СПб.: НГУФК им. П.Ф. Лесгафта, 2010. - Режим доступа: локальная сеть библиотеки ВЛГАФК. - Загл. с экрана. 5. Темерева, В.Е. Биомеханика двигательной деятельности [Электронный ресурс]: учеб. - метод. пособие / В.Е. Темерева, Г.Е. Шульгин. - Электрон. дан. - Малаховка: МГАФК, 2015. - Режим доступа: локальная сеть библиотеки ВЛГАФК. - Загл. с экрана. 6. Темерева, В.Е. Рабочая тетрадь по дисциплине "Биомеханика двигательной деятельности" [Электронный ресурс]: практикум / В.Е. Темерева, Г.Е. Шульгин. - Электрон. дан. - Малаховка: МГАФК, 2016. - Режим доступа: локальная сеть библиотеки ВЛГАФК. - Загл. с экрана.	
--	--	---	--

	Тема 6. Биомеханика техничко- тактического мастерства	<i>Подготовка к практическому занятию на основе лекции «Методы исследования в биомеханике»:</i> 1. В чем различие между рациональностью и эффективностью спортивной техники. 2. Каким способом можно оценить реализационную эффективность техники. 3. Приведите пример. Как измерить показатели освоенности техники. 4. В чем смысл правила обратимости двигательных заданий и его значение в планировании тренировочной нагрузки. 5. Перечислите основные факторы, определяющие выносливость спортсмена и приведите примеры. 6. Какими способами можно повысить экономичность выполнения двигательных действий. 7. Какими способами можно измерить активную и пассивную гибкость человека. Рекомендованные источники литературы 1. Кичайкина, Н.Б. Закономерности формирования и совершенствования систем движений [Электронный ресурс] учеб. пособие / Н.Б. Кичайкина, И.В. Косьмин. - Электрон. дан. - СПб.: НГУФК им. П.Ф. Лесгафта, 2017. - Режим доступа: локальная сеть библиотеки ВЛГАФК. - Загл. с экрана. 2. Михайлов, С.С. Биомеханические основы спортивной работоспособности [Электронный ресурс]: учеб. пособие / С.С. Михайлов. - 2-е изд., доп. - Электрон. дан. - СПб.: НГУФК им. П.Ф. Лесгафта, 2010. - Режим доступа: локальная сеть библиотеки ВЛГАФК. - Загл. с экрана. 3. Темерева, В.Е. Биомеханика двигательной деятельности [Электронный ресурс]: учеб. - метод. пособие / В.Е. Темерева, Г.Е. Шульгин. - Электрон. дан. - Малаховка: МГАФК, 2015. - Режим доступа: локальная сеть библиотеки ВЛГАФК. - Загл. с экрана. 4. Темерева, В.Е. Рабочая тетрадь по дисциплине "Биомеханика двигательной деятельности" [Электронный ресурс]: практикум / В.Е. Темерева, Г.Е. Шульгин. - Электрон. дан. - Малаховка: МГАФК, 2016. - Режим доступа: локальная сеть библиотеки ВЛГАФК. - Загл. с экрана.	8
--	--	--	---

	Тема 7. Биомеханика физических упражнений	<i>Подготовка к практическому занятию на основе лекции «Методы исследования в биомеханике»:</i> 1. Как влияют размеры тела человека на его двигательные возможности. 2. Каково соотношение созревания и научения в разные возрастные периоды. 3. В чем различие календарного и двигательного возраста человека. 4. В чем отличие акселератов от ретардантов. 5. Как можно интерпретировать высокую корреляцию между ювенильными и дефинитивными показателями двигательных возможностей человека. 6. Какие периоды в жизни человека называют сенситивными. 7. Что означает выражение «доминантная рука». 8. Как можно количественно определить место, ориентацию и позу тела человека. 9. Почему сохранение положения тела человека называют равновесием колебательного типа. 10. Всегда ли изменение показателей устойчивости для твердого тела приводит к аналогичным изменениям показателей устойчивости для человека. 11. Чем отличается статическая осанка от динамической? <i>Подготовка к контрольной работе №2 по теме ««Физические качества, строение и функции биомеханической системы двигательного аппарата». Биомеханика двигательных действий» (приложение 1)</i> Рекомендованные источники литературы 1. Темерева, В.Е. Биомеханика двигательной деятельности [Электронный ресурс]: учеб. - метод. пособие / В.Е. Темерева, Г.Е. Шульгин. - Электрон. дан. - Малаховка: МГАФК, 2015. - Режим доступа: локальная сеть библиотеки ВЛГАФК. - Загл. с экрана. 2. Темерева, В.Е. Рабочая тетрадь по дисциплине "Биомеханика двигательной деятельности" [Электронный ресурс]: практикум / В.Е. Темерева, Г.Е. Шульгин. - Электрон. дан. - Малаховка: МГАФК, 2016. - Режим доступа: локальная сеть библиотеки ВЛГАФК. - Загл. с	8
--	--	--	---

		экрана. 3. Ципин, Л.Л. Биомеханика упражнений специальной силовой направленности в избранном виде спорта [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Л.Л. Ципин, И.Э. Барникова. - Электрон. дан. - СПб.: НГУФК им. П.Ф. Лесгафта, 2016. - Режим доступа: локальная сеть библиотеки ВЛГАФК. - Загл. с экрана.	
--	--	--	--

5.2 Методические рекомендации к различным видам самостоятельной работы

Методические рекомендации для самостоятельного изучения вопросов по теме

В соответствии с содержанием, значительное время при освоении учебной дисциплины отводится на самостоятельную работу, обучающемуся в процессе подготовки к практическим занятиям, а также при самостоятельном изучении первоисточников и специальной аналитической литературы предлагается подумать над контрольными вопросами, представленными в таблицах 5.1.1 и 5.1.2. Эти вопросы не повторяют вопросы лекций и практических занятий, экзамена, но затрагивают внимание на проблемный характер изучаемых тем и предлагают проанализировать и сформировать собственное отношение к тем или иным аспектам и предложить решение проблемы.

Методические рекомендации для подготовки к контрольной работе

Примерные варианты контрольных работ представлены в приложении 1. Ознакомление с темами контрольных работ, их количеством, условиями ответов на вопросы контрольных работ, самими вопросами и вариантами ответов на них позволяет создать относительно полное впечатление об особенностях их проведения. При подготовке к контрольной работе по определённой теме рекомендуется повторно проанализировать лекционный материал по теме, повторить особенности методики изучения вопроса, освоенной на практическом занятии, и ознакомиться с содержанием рекомендованных разделов учебных пособий.

Методические рекомендации по оформлению отчётов по практическим работам

Деятельность обучающегося:

- организует свою деятельность в соответствии с методическим руководством по выполнению практических работ;
- изучает информационные материалы;
- проводит расчетно-графические работы;
- подготавливает и оформляет материалы практических работ в соответствии с требованиями;
- предоставляет отчёты в срок.

5.3 Критерии оценки самостоятельной работы обучающегося

Критерии оценки самостоятельного изучения материала

Результаты самостоятельного изучения материала обсуждаются на практических занятиях, оценивание производится по следующим критериям:

оценка «отлично»	По самостоятельно изученным темам/вопросам отвечает полно и правильно; может обосновать свой ответ, привести
------------------	--

	необходимые примеры; правильно отвечает на дополнительные вопросы преподавателя, имеющие целью выяснить степень понимания обучающимся данного материала
оценка «хорошо»	Дает правильные ответы, допускает неточности или недочеты, может обосновать свой ответ, привести необходимые примеры; правильно отвечает на дополнительные вопросы преподавателя, имеющие целью выяснить степень понимания обучающимся данного материала
оценка «удовлетворительно»	Отвечает, но допускает ошибки, излагает материал недостаточно логично и последовательно; затрудняется при ответах на вопросы преподавателя; с трудом приводит отдельные примеры из практики
оценка «неудовлетворительно»	Не отвечает или отвечает неправильно, только иногда дает правильные ответы; не приводит примеров из практики

Критерии оценки подготовки к контрольной работе по теме

При оценке результатов достижения компетенций посредством контрольной работы в виде тестовых заданий, позволяющих измерить уровень знаний и умений обучающихся, применяется коэффициент освоения.

Коэффициент освоения (К) определяется по формуле:

$K = A : P$, где: К – коэффициент освоения, А – число правильных ответов, Р – общее число вопросов в тестовом задании. Критерии оценки:

	Коэффициент освоения	Процентное соотношения
оценка «отлично»	0,9 – 1	90-100%
оценка «хорошо»	0,76 – 0,89	76-89%
оценка «удовлетворительно»	0,61 – 0,75	61-75%
оценка «неудовлетворительно»	<0,6	Менее 60%

Критерии оценки отчётов по практическим работам

- грамотность и последовательность изложения содержания проведённого исследования по практической работе;
- оформление в соответствии с требованиями;
- предоставление в срок.

оценка «отлично»	Обучающийся грамотно и последовательно изложил содержание проведённого исследования по практической работе; сделанное заключение полностью отражает содержание и включает правильную оценку наблюдаемых фактов; оформление практической работы соответствует требованиям; отчёт по практической работе предоставлен в срок
оценка «хорошо»	Обучающийся в правильной последовательности изложил содержание проведённого исследования по практической работе; сделанное заключение базируется на содержании; оценка наблюдаемых фактов адекватна; оформление практической работы в основном соответствует требованиям;

	отчёт по практической работе предоставлен в срок
оценка «удовлетворительно»	Обучающийся не всегда последовательно изложил содержание проведённого исследования; заключение в основном базируется на содержании; сделанная оценка наблюдаемых фактов требует коррекции; оформление практической работы не во всём соответствует требованиям; отчёт по практической работе предоставлен с опозданием
оценка «неудовлетворительно»	Обучающийся не изложил содержание проведённого исследования; заключение отсутствует или базируется не на содержании; сделанная оценка наблюдаемых фактов отсутствует или ошибочна; оформление практической работы не соответствует требованиям; отчёт по практической работе предоставлен с опозданием

6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

6.1. Показатели и критерии оценивания компетенций на этапе изучения дисциплины

Таблица раздела 1 «РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ» демонстрирует взаимосвязь педагогического контроля с соотнесенными с основной профессиональной образовательной программой профессиональными стандартами - в ней определены трудовые функции профессиональных стандартов, выполнение которых обеспечивает формирование соответствующих компетенций в рамках учебной дисциплины.

6.2. Индикаторы достижения компетенций по уровню их сформированности

Индикаторы достижения	Критерий оценивания	Шкала оценивания	Уровень сформированной компетенции
Знает (соответствует таблице раздела 1)	Знает	отлично	высокий
		хорошо	повышенный
		удовлетворительно	пороговый
	Не знает	неудовлетворительно	недостаточный
Умеет (соответствует таблице раздела 1)	Умеет	отлично	высокий
		хорошо	повышенный
		удовлетворительно	пороговый
	Не умеет	неудовлетворительно	недостаточный
Имеет опыт/владеет	Имеет опыт/владеет	отлично	высокий

Индикаторы достижения	Критерий оценивания	Шкала оценивания	Уровень сформированной компетенции
(соответствует таблице раздела 1)	т	хорошо	повышенный
		удовлетворительно	пороговый
	Не владеет	неудовлетворительно	недостаточный

6.3. Соотношение индикаторов достижения со шкалой критериев их оценивания и уровнем их сформированности

Индикаторы достижения	Критерий оценивания	Уровень сформированной компетенции
Знает (соответствует таблице раздела 1)	Показывает полные и глубокие знания, логично и аргументировано отвечает на все вопросы, в том числе дополнительные, показывает высокий уровень теоретических знаний	высокий
	Показывает глубокие знания, грамотно излагает ответ, достаточно полно отвечает на все вопросы, в том числе дополнительные, в то же время при ответе допускает несущественные ошибки	повышенный
	Показывает достаточные, но не глубокие знания, при ответе не допускает грубых ошибок или противоречий, однако в формулировании ответа отсутствует должная связь между анализом, аргументацией и выводами. Для получения правильного ответа требуются уточняющие вопросы	пороговый
	Показывает недостаточные знания, не способен аргументированно и последовательно излагать материал, допускает грубые ошибки, неправильно отвечает на дополнительные вопросы или затрудняется с ответом	недостаточный
Умеет (соответствует таблице раздела 1)	Умеет применять полученные знания для решения конкретных практических задач, способен предложить альтернативные решения анализируемых проблем, формулировать выводы	высокий
	Умеет применять полученные знания для решения конкретных практических задач, способен формулировать выводы, но не может предложить альтернативные решения анализируемых проблем	повышенный
	При решении конкретных практических задач возникают затруднения	пороговый
	Не может решить практические задачи	недостаточный
Имеет	Владеет навыками, необходимыми для	высокий

Индикаторы достижения	Критерий оценивания	Уровень сформированной компетенции
опыт/владеет (соответствует таблице раздела 1)	профессиональной деятельности, способен оценить результат своей деятельности	
	Владеет навыками, необходимыми для профессиональной деятельности, затрудняется оценить результат своей деятельности	повышенный
	Демонстрирует слабые навыки, необходимые для профессиональной деятельности	пороговый
	Отсутствие навыков или неспособность их продемонстрировать	недостаточный

6.4. Методические материалы для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих формирование компетенций в процессе освоения образовательной программы

6.4.1. Перечень вопросов для промежуточной аттестации (экзамен), оценивающих знания

1. Предмет биомеханики спорта и ее задачи.
2. Содержание биомеханики спорта (теория биомеханики спорта, метод биомеханики спорта).
3. Биомеханические характеристики тела человека и его движений. Кинематические характеристики.
4. Системы отсчета расстояния и времени.
5. Пространственные характеристики (координата точки, тела и системы тел, траектория точки).
6. Временные характеристики (момент времени, длительность движения, темп, ритм).
7. Пространственно-временные характеристики.
8. Инерционные характеристики.
9. Силовые характеристики.
10. Энергетические характеристики.
11. Строение и функции биомеханической системы двигательного аппарата.
12. Механические свойства мышц.
13. Механическое действие мышц (сила и результат тяги мышц; разновидности работы мышц).
14. Групповые взаимодействия мышц (рабочие и опорные тяги мышц; биодинамический полносвязный механизм).
15. Геометрия масс тела (общий центр масс тела человека; определение положения ОЦМ тела экспериментальным и расчетным путем).
16. Превращение и преобразование энергии в двигательных действиях.
17. Биомеханическая характеристика силовых качеств.
18. Биомеханическая характеристика скоростных качеств.
19. Биомеханическая характеристика выносливости и способы ее измерения.
20. Утомление и его биомеханическое проявление.

21. Биомеханические основы спортивной техники.
22. Биомеханические характеристики гибкости.
23. Двигательное действие как система движений (состав системы движений; пространственные и временные элементы и их подсистемы).
24. Спортивные действия (понятие об управлении).
25. Управление движений в переменных условиях (функциональные структуры двигательного действия).
26. Формирование и совершенствование систем движений.
27. Направление развития систем движений (интеграл и дифференциация, стабилизация и вариативность, стандартизация и индивидуализация, произвольность и автоматизм, фиксация и прогрессирование).
28. Динамика вращательного движения (механизм).
29. Равновесие тела (условие равновесия тела).
30. Силы, уравниваемые при сохранении положения.
31. Виды равновесия тела и его устойчивость.
32. Биодинамика осанки.
33. Механизм отталкивания от опоры.
34. Маховые движения при отталкивании.
35. Биодинамика прыжка (разбег, отталкивание, полет).
36. Биодинамика бега (полет, взаимодействие с опорой).
37. Биодинамика ходьбы (одиночная опора, двойная опора).
38. Биодинамика лыжного хода (период скольжения лыжи, период стояния лыжи).
39. Биодинамика плавания (основные действия, подготовительные действия).
40. Биодинамика передвижения с механическими преобразователями движений.
41. Основы теории удара.
42. Онтогенез моторики (созревание и научение, двигательный возраст, прогноз).
43. Показатели технического мастерства (объем, рациональность, эффективность, освоенность, стабильность, устойчивость, автоматизированность).

6.4.2. Перечень тестовых заданий для промежуточной аттестации, оценивающих знания и умения

1. Основу рефлексорной теории создал:
 - а) Леонардо да Винчи
 - б) Р. Декарт
 - в) Д. Борелли
 - г) Л. Фишер
2. Начало биомеханики как отрасли науки, заложил:
 - а) Р. Декарт
 - б) К. Кекчеев
 - в) В.С. Гурфинкель
 - г) Д. Борелли
3. Биомеханика физических упражнений разработана:
 - а) Р. Декартом
 - б) Л. Фишером
 - в) П.Ф. Лесгафтом
 - г) К. Кекчевым
4. Теоретическое обоснование процессов управления движениями дал:
 - а) К. Кекчеев
 - б) П.Ф. Лесгафт
 - в) Н.А. Бернштейн
 - г) Л. Браун

5. Выявили принцип синергии в организации работы скелетной мускулатуры:
- а) Н.А. Бернштейн
 - б) В.С. Гурфинкель
 - в) Т. Шванн
 - г) Р. Броун
6. Работы о физиологической лабильности живых тканей и возбудимых систем принадлежат:
- а) Н.Е. Введенскому
 - б) Н.А. Бернштейну
 - в) В.С. Гурфинкелю
 - г) А. А. Ухтомскому
7. Доминанту в деятельности нервных центров открыл:
- а) А.Н. Крестовиков
 - б) А. А. Ухтомский
 - в) Н.Е. Введенский
 - г) Р. Гук
8. Координации движений, формирования двигательных условных рефлексов подробно изучал:
- а) А. А. Ухтомский
 - б) К. Кекчеев
 - в) Н.Е. Введенский
 - г) А.Н. Крестовиков
9. Функциональную (динамическую) анатомию применительно к задачам физкультуры и спорта разработал:
- а) К. Кекчеев
 - б) Л.В. Чхаидзе
 - в) М.Ф. Иваницкий
 - г) Н.М. Сеченов
10. Разделом биомеханики **не** является:
- а) динамическая биомеханика
 - б) общая биомеханика
 - в) дифференциальная биомеханика
 - г) частная биомеханика
11. В биомеханике выделяют уровней управлением движения (по Бернштейну):
- а) 6
 - б) 4
 - в) 3
 - г) 5
12. Совершенную методику регистрации движений разработал:
- а) Д.Д. Донской
 - б) Л. Фишер
 - в) Ф.А. Северин
 - г) Р. Гранит
13. Линия, которую описывает движущаяся точка по отношению к данной системе отсчета - это:
- а) путь
 - б) траектория
 - в) точка отсчета
 - г) материальная точка
14. Способность ориентироваться в пространстве у человека определяется наличием:
- а) среднего уха
 - б) больших полушарий головного мозга

- в) мозжечка
 - г) вестибулярного аппарата
15. Если на всех участках траектории средняя скорость одинакова, то движение называется:
- а) равноудаленным
 - б) удлиненным
 - в) равномерным
 - г) динамичным
16. Предел, к которому стремится отношение перемещения тела в окрестности этой точки ко времени при неограниченном уменьшении интервала - это:
- а) мгновенная скорость
 - б) равномерная скорость
 - в) скачкообразная скорость
 - г) динамика
17. Временная мера повторности движений - это:
- а) ритм движений
 - б) быстрота движений
 - в) равномерность движений
 - г) темп движений
18. Равномерность ускорения в СИ измеряется в:
- а) м/с^2
 - б) м/с
 - в) Вт
 - г) км/м
19. Если тело брошено вертикально вниз, то траектория - вертикальный отрезок, а движение является:
- а) равнозамедленным
 - б) равнопеременным
 - в) равноускоренным
 - г) равномерным
20. Отношение угла поворота его радиус-вектора ко времени, за которое совершен поворот - это:
- а) частота вращения
 - б) период вращения
 - в) угловая скорость
 - г) векторная скорость
21. Отношение изменения угловой скорости ко времени этого изменения, вычисленное в очень маленьком интервале данной точки траектории - это:
- а) линейное ускорение
 - б) векторное ускорение
 - в) свободное ускорение
 - г) угловое ускорение
22. В разделе «кинематика» изучается:
- а) механическое движение, без выяснения причин этого движения
 - б) механические свойства тканей
 - в) двигательную деятельность живых существ
 - г) механические явления, сопровождающие процессы жизнедеятельности
23. Перечислите виды ускорения, приведите примеры их осуществления в спорте.
24. Количественная мера инертности тела - это:
- а) инерциальная система
 - б) сила
 - в) масса

г) объем

25. Массу тела вычисляют по формуле:

а) $F = m \cdot a$

б) $m = (a_3 / a_T) m_3$

в) $F_0 = F_1 + F_2 + \dots$

г) $m \cdot a = F$

26. Единица измерения силы в СИ - это:

а) a_T

б) $H = \text{кг} \cdot \text{м} / \text{с}^2$

в) a_3

г) $m_3 = 1$

27. Проекция равнодействующей силы на тот радиус окружности, на котором в данный момент находится тело - это:

а) центростремительная сила

б) тангенциальная сила

в) сила

г) динамическая сила

28. Произведение величины силы на ее плечо называется:

а) инерцией

б) моментом инерции

в) моментом силы

г) силой

29. Момент инерции определяется по формуле:

а) $M = \pm F h$

б) $J = m R^2$

в) $\dot{\epsilon} = M / J$

г) $F_{ц} = m \cdot a_{ц}$

30. Работа, совершаемая мышцами при выполнении активных движений, называется:

а) неизменной

б) силовой

в) динамической

г) энергозатратной

31. Моментом силы (M) относительно оси вращения называется:

а) произведение величины силы на ее плечо

б) кратчайшее расстояние от оси вращения до линии действия силы

в) сумма моментов инерции всех его точек

г) величина, равная произведению момента инерции относительно данной оси на угловую скорость вращения

32. Точка, относительно которой сумма моментов сил тяжести, действующих на все частицы тела, равна нулю - это:

а) правилом моментов

б) безразличным ускорением

в) равновесным положением тела

г) центром тяжести тела

33. Твердое тело, чаще в виде стержня, которое может вращаться (поворачиваться) вокруг неподвижной оси - это:

а) балансир

б) блок

в) рычаг

г) неподвижный блок

34. Рычаг, обеспечивающий перемещение или равновесие головы в сагиттальной плоскости:

- а) рычаг второго рода
 - б) рычаг первого рода
 - в) рычаг третьего рода
 - г) рычаг четвертого рода
35. Не дает выигрыша в силе, но позволяет изменять ее направление:
- а) рычаг первого рода
 - б) неподвижный блок
 - в) рычаг второго рода
 - г) балансир
36. По форме различают мышцы:
- а) поверхностная
 - б) одноперистая
 - в) отводящая
 - г) веретенообразная
37. Отводящая мышца называется:
- а) сфинктером
 - б) абдуктором
 - в) антагонистом
 - г) аддуктором
38. Оттягивает дистальный отдел конечности назад:
- а) протрактор
 - б) ротатор
 - в) ретрактор
 - г) абдуктор
39. Мышцы, выполняющие однотипные движения - это:
- а) синергисты
 - б) антагонисты
 - в) протракторы
 - г) аддукторы
40. Сокращение мышцы, при котором ее волокна укорачиваются, но напряжение остается постоянным, называется:
- а) инерционным
 - б) изометрическим
 - в) изотоническим
 - г) синергетическим
41. Для исследования вестибулярного аппарата используют пробу:
- а) К. Коллена
 - б) Р.И. Айзмана
 - в) Л. Брауна
 - г) Д. Ромберга
42. Тест, позволяющий определить порог чувствительности вестибулярного анализатора, называется тестом:
- а) Д. Ромберга
 - б) Л. Брауна
 - в) А. Яроцкого
 - г) А. Баранова
43. Совокупность согласованных движений человека (животных), вызывающих активное перемещение в пространстве, называется:
- а) двигательной реакцией
 - б) двигательной активностью
 - в) ходьбой
 - г) локомоцией

44. Сокращение, при котором мышца укоротиться не может (оба конца неподвижно закреплены), а напряжение возрастает, называется:

- а) изометрическим
- б) изотоническим
- в) статическим
- г) инерционным

45. Естественные локомоции (ходьба, бег, лазание, прыжки) и их координация формируются в возрасте:

- а) до 2 лет
- б) до 1,5 лет
- в) от 2 до 5 лет
- г) от 7 до 12 лет

46. Формирование координационных механизмов движений заканчивается:

- а) в 7 лет
- б) в 16-17 лет
- в) в 5 лет
- г) в 20-25 лет

47. Двигательные действия, выполняемые за минимальный отрезок времени - это:

- а) ловкость
- б) сила
- в) выносливость
- г) быстрота

48. Соотнесите:

1. Длительность движения
2. Темп движений
3. Ритм движений

а) временная мера соотношения частей движений, определяется по соотношению промежутков времени, затраченного на соответствующие части движения.

б) временная мера, которая измеряется разностью моментов времени окончания и начала движения.

в) временная мера повторности движений, измеряется количеством движений, повторяющихся в единицу времени (частота движений).

49. Соотнесите:

1. положительное ускорение точки
2. отрицательное ускорение точки
3. нормальное ускорение точки

а) имеет направление, противоположное направлению скорости - скорость убывает

б) имеет одинаковое направление со скоростью - скорость возрастает;

в) скорость прежняя, изменяется направление

50. Способность мышцы укорачиваться при возбуждении, в результате чего возникает сила тяги, называется

- а) возбудимость
- б) сократимость
- в) растяжимость
- г) раздражимость

51. Релаксация мышц – это

а) свойство, проявляющееся в уменьшении с течением времени силы тяги при измененной длине мышцы

б) свойство, проявляющееся в уменьшении с течением времени силы тяги при постоянной длине мышцы

в) свойство, проявляющееся в увеличении с течением времени силы тяги при постоянной длине мышцы

г) свойство, проявляющееся в уменьшении с течением времени силы тяги при постоянной длине мышцы.

52. При описании макроструктуры скелетных мышц выделяются три компонента:

- а) мышечные волокна, соединительно-тканые образования и связки
- б) брюшко мышцы, соединительно-тканые образования и сухожилия
- в) мышечные волокна, соединительно-тканые образования и сухожилия.
- б) брюшко мышцы, соединительно-тканые образования и связки

53. Способность выполнять движения в каком-либо суставе с большой амплитудой за счет активности мышечных групп, проходящих через этот сустав, называется

- а) пассивной гибкостью
- б) активной гибкостью
- в) растяжимостью
- г) пластичностью

54. Наивысшая амплитуда, которая достигается за счет внешних сил, называется

- а) пассивной гибкостью
- б) активной гибкостью
- в) растяжимостью
- г) пластичностью

55. Способность человека преодолевать внешнее сопротивление или противодействовать ему за счёт мышечных усилий, называется

- а) упорством
- б) растяжением
- в) силой
- г) выносливостью

56. Скоростно-силовые качества – это

- а) разновидность скоростных качеств, характеризующихся способностью человека проявлять скорость при различных силах выполнения движения
- б) разновидность силовых качеств, характеризующихся способностью человека проявлять скорость при различных силах выполнения движения
- в) разновидность силовых качеств, характеризующихся способностью человека проявлять скорость при различных силах выполнения движения
- г) разновидность силовых качеств, характеризующихся способностью человека проявлять силу при различных скоростях выполнения движения.

57. Примерами латентных показателей выносливости могут быть:

- а) коэффициент силы и коэффициент выносливости
- б) коэффициент выносливости, запас скорости
- в) коэффициент выносливости, запас силы
- г) запас скорости и запас силы

58. На сколько звеньев можно разбить тело человека, которые имеют между собой сочленения и представляются рычагами или маятниками.

- а) 10
- б) 17
- в) 15
- г) 20

59. Опорной поверхностью для тяжелоатлета является:

- а) поверхность подошв обуви,
- б) вся поверхность помоста
- в) вся поверхность помоста и поверхность подошв обуви

60. Чтобы звено человеческого тела привести во вращательное движение, то

- а) направление действия силы должно быть параллельно оси вращения этого звена или проходить через точку сочленения.
- б) направление действия силы не должно быть параллельно оси вращения этого

звена или проходить через точку сочленения.

в) направление действия силы не должно проходить через точку сочленения.

г) направление действия силы должно быть параллельно оси вращения этого звена

61. Отталкивание от опоры выполняется посредством:

а) маховых движений свободными конечностями и другими звеньями.

б) отталкивания ногами от опоры

в) отталкивания ногами от опоры и маховых движений свободными конечностями и другими звеньями.

г) конечным разгибанием стопы

62. Быстрые движения свободных звеньев тела, в основном, по направлению с отталкиванием ногой от опоры, называются

а) маховыми движениями

б) размахом

в) вспомогательными движениями

г) безразличными для отталкивания движениями

63. Исходные позы для последующего передвижения, которые обеспечивают лучшие условия развития стартового ускорения, называется

а) исходным положением

б) подготовительным положением

в) стартовым положением

г) предстартовым положением

64. В ударных действиях различают:

а) замах, ударное движение, ударное взаимодействие, послеударное движение

б) исходное положение, замах, ударное взаимодействие, послеударное движение

в) замах, ударное движение, послеударное движение

г) исходное положение, ударное движение, послеударное движение

65. Биокинематическая пара — это

а) не подвижное (кинематическое) соединение двух костных звеньев, в котором возможности движений определяются его строением и управляющим воздействием мышц.

б) подвижное (кинематическое) соединение трех - четырех костных звеньев, в котором возможности движений определяются его строением и управляющим воздействием мышц.

в) подвижное (кинематическое) соединение двух костных звеньев, в котором возможности движений определяются его строением и управляющим воздействием мышц.

г) полуподвижное (кинематическое) соединение двух костных звеньев, в котором возможности движений определяются его строением и управляющим воздействием мышц.

66. Последовательное соединение ряда биокинематических пар – это

а) цепь суставных соединений

б) цепь опрно-двигательного аппарата

в) биодинамическая цепь

г) биокинематическая цепь

67. Биокенамитические цепи бывают:

а) прерывистые

б) замкнутые

в) незамкнутая

г) дифференцированные

68. В зависимости от направления скоростей, движения звеньев тела человека могут быть:

а) возвратно-вращательными

- б) возвратно-поступательными
- в) прямолинейными
- г) круговыми

69. В возвратных движениях имеется критическая точка, в которой происходит смена направления движения, примером могут служить:

- а) педалирование в велоспорте
- б) замах ракеткой на ударное движение — в теннисе
- в) занос весла на гребковое движение — в гребле
- г) амортизация на отталкивание — в беге

70. Костные рычаги — это

- а) звенья тела, подвижно соединенные в суставах, под действием приложенных сил могут сохранять свое положение или изменять его
- б) звенья тела, полуподвижно соединенные между собой, под действием приложенных сил изменяют свое положение
- в) звенья тела, неподвижно соединенные между собой, под действием сил не изменяют свое положение.

71. Сколько степеней свободы имеет тазобедренный сустав?

- а) 5
- б) 4
- в) 3
- г) 2

72. Сколько степеней свободы имеет межфаланговый сустав?

- а) 1
- б) 2
- в) 3
- г) 4

73. К биомеханическим особенностям костной системы относится упругость.

Упругость – это:

- а) способность костной ткани к растяжению
- б) способность костной ткани деформироваться
- в) способность костной ткани противодействовать нагрузкам
- г) способность костной ткани не изменять своей структуры

74. Закономерности силового (динамического) взаимодействия частей тела человека друг с другом и внешними телами (среда, опора, снаряды, партнеры, противники) – это:

- а) информационные структуры
- б) обобщенные структуры
- в) динамическая структура
- г) ритмические структуры

75. Решает теоретические проблемы и помогает узнать, как и почему человек двигается:

- а) дифференциальная биомеханика
- б) общая биомеханика
- в) специальная механика
- г) частная биомеханика

76. При статической форме мышечного сокращения мышца изменяет:

- а) длину и напряжение одновременно
- б) вес
- в) напряжение
- г) длину

77. Раздел механики, посвященный изучению движения материальных тел под действием приложенных к ним сил, называется:

- а) кинематикой

- б) гидравликой
- в) статикой
- г) динамикой

78. Объективный метод регистрации положения и проекции общего центра масс на плоскость опоры называется

- а) стабилотрафией
- б) энцефалотрафией
- в) подотрафией
- г) циклотрафией

79. Мера воздействия силы на тело за данный промежуток времени (в поступательном движении) – это

- а) момент силы
- б) масса
- в) импульс силы
- г) скорость

80. Максимальная сила, проявляемая человеком в каком-либо движении независимо от массы его тела, - это

- а) ловкость
- б) относительная сила
- в) взрывная сила
- г) абсолютная сила

6.4.3. Перечень ситуационных задач на экзамене, необходимых для оценки умений и опыта деятельности

Ситуационная задача №1

Спортсмен во время бега отклоняет голову назад и раскачивает ее из стороны в сторону.

Вопрос. Работа каких мышц обеспечивает правильное положение головы? Каковы ваши рекомендации бегуну по устранению данной технической ошибки?

Ситуационная задача №2

При беге на средние дистанции у спортсмена А отмечались следующие недостатки: руки согнуты под острым углом и отведены в сторону.

Вопрос. Как избежать данной технической ошибки? Какие мышцы обеспечивают работу рук в такт работе ног в переднезаднем направлении?

Ситуационная задача №3

Во время бега на длинные дистанции спортсмен неестественно вытягивает носок.

Вопрос. В чем ошибка? Какие мышцы стопы и голени подвергаются чрезмерному напряжению? Какие рекомендации вы дадите данному бегуну?

Ситуационная задача №4

Сделайте анатомический разбор видов движения в суставах туловища, верхних и нижних конечностей при преодолении барьеров:

- в момент отрыва от опоры перед барьером (атака барьера) и после барьера;
- в момент преодоления барьера.

Ситуационная задача №5

Произведите анатомический разбор движений в суставах при выполнении полетной фазы прыжка в длину:

- способом «согнув ноги»;

- способом «ножницы»;
- способом «прогнувшись».

Ситуационная задача №6

При выполнении стойки на кистях на параллельных брусьях спортсмен теряет равновесие.

Вопрос. Укажите причину неустойчивого равновесия и помогите исправить недостаток?

Ситуационная задача №7

Спортсмен Б при выполнении стойки на левой руке теряет равновесие быстрее, чем на правой.

Вопрос. Укажите причину неустойчивости равновесия? Как изменяется ОЦТ тела в зависимости от фазы дыхания? В какой из этих фаз при выполнении стойки на кистях на параллельных брусьях равновесие будет более устойчивым?

Ситуационная задача №8

При выполнении упражнения «шпагат» спортсмен теряет равновесие.

Вопрос. Объяснить взаимосвязь углов устойчивости и равновесия?

Ситуационная задача №9

Абсолютная длина туловища спортсмена А больше, чем у спортсмена Б.

Вопрос. Кому из двух спортсменов легче выполнить упор лежа?

Ситуационная задача №10

При выполнении вися на выпрямленных руках у спортсмена А кисти были расположены широко, а у спортсмена Б — на ширине плеч.

Вопрос. У кого из двух спортсменов равновесие будет устойчивее?

Ситуационная задача №11

При обследовании групп подростков (15—17 лет), занимающихся волейболом, выявили плоскостопие у 50% из них.

Вопрос. Объясните причину, укажите сроки окостенения костей плюсны и предплюсны. Укажите меры, предупреждающие эту патологию. Какие мышцы надо тренировать?

Ситуационная задача №12

На антропометрическом обследовании спортсменов в возрасте 18—21 года выявлена правосторонняя асимметрия грудной клетки.

Вопрос. Укажите причины и способы устранения данного нарушения. На какие группы мышц надо увеличить нагрузку?

Ситуационная задача №13

У спортсмена П обнаружен левосторонний грудной сколиоз.

Вопрос. Укажите меры, предупреждающие искривление позвоночного столба?

Ситуационная задача №14

При передаче мяча спортсмен несвоевременно вышел под него.

Вопрос. Объясните, какие мышцы должны обеспечить точную и быструю ответную реакцию.

Ситуационная задача №15

У спортсмена А отсутствует точность верхней передачи мяча и недостаточна скорость полета.

Вопрос. Объясните, какие мышцы и суставы надо тренировать, чтобы добиться правильного технического выполнения этого движения?

Ситуационная задача №16

При нападающем ударе возможна такая ошибка, как удар согнутой рукой.

Вопрос. На какие группы мышц надо увеличить нагрузку, чтобы исправить ошибку, и какие суставы верхней конечности должны быть максимально разогнуты?

Ситуационная задача №17

При выполнении нападающего удара у спортсмена отмечалась несвоевременная работа верхней конечности и туловища при замахе.

Вопрос. На какие группы мышц следует увеличить силовую нагрузку? При помощи каких упражнений можно исправить эту ошибку?

Ситуационная задача №18

В момент блокирования мяча спортсмен подпрыгнул на недостаточную высоту и совершил неправильное направление прыжка.

Вопрос. Объясните причину ошибки. Какие мышцы и суставы обеспечивают правильную технику прыжка и постановки рук в блоке?

Ситуационная задача №19

При обследовании группы спортсменов 16—20 лет у 45% из них выявлено плоскостопие.

Вопрос. Объясните причину, укажите сроки окостенения предплюсны и плюсны, а также меры, предупреждающие патологическую адаптацию сводов стопы. Какие мышцы надо тренировать?

Ситуационная задача №20

Вы тренер, проводящий отбор детей для занятия баскетболом.

Вопрос. Кому из двух подростков вы отдадите предпочтение при отборе для занятий баскетболом? Первому, который отстаёт в биологическом созревании, или второму, биологически созревшему, и почему?

Ситуационная задача №21

Во время проведения тренировочного занятия, направленное на обучение техники ловли и передачи мяча, Вы замечаете скованность в движениях подопечных.

Вопрос. Как скованность суставов верхних конечностей влияет на ловлю мяча? Назовите эти суставы. Какие упражнения повышают амортизационные свойства верхней конечности?

Ситуационная задача №22

При прыжке, выполненном двумя ногами, у спортсмена отсутствуют быстрота и сила.

Вопрос. Слабость каких групп мышц является причиной? Сделайте выводы.

Ситуационная задача №23

Во время игры спортсмен не использует ускоренный бег.

Вопрос. Какой частью стопы надо отталкиваться для овладения этим методом бега, и на какие мышцы надо увеличивать нагрузку?

Ситуационная задача №24

После выполнения броска мяча в корзину при приземлении спортсмен потерял равновесие.

Вопрос. Почему это произошло? Как исправить ошибку?

Ситуационная задача №25

При обследовании группы подростков 15—17 лет выявили плоскостопие у 50% из них.

Вопрос. Объясните причину, укажите сроки окостенения костей плюсны и предплюсны, а также меры, предупреждающие эту патологию.

Ситуационная задача №26

На рентгенограмме подростков-футболистов (11 — 15 лет) выявлено искривление позвоночника (сколиоз).

Вопрос. Какую группу мышц надо тренировать, чтобы развитие позвоночного столба происходило без отклонений?

Ситуационная задача №27

При разборе игры тренер обратил внимание на то, что у спортсмена А отсутствует точность и скорость полета мяча.

Вопрос. Какие мышцы и суставы надо активизировать?

Ситуационная задача №28

Во время тренировочного занятия у спортсмена А слабый удар внешней частью подъема.

Вопрос. Какие группы мышц надо тренировать, чтобы производить удар внешней частью подъема стопы?

Ситуационная задача №29

Одной из задач тренировочного процесса является обучение технике удара по мячу внешней частью подъема стопы.

Вопрос. Опишите движения в голеностопном суставе при выполнении удара по мячу внешней частью подъема стопы. Какие мышцы надо тренировать, чтобы это движение было правильным?

Ситуационная задача №30

При ударе внутренней стороной стопы по мячу спортсмен А допустил ошибку.

Вопрос. Опишите положение опорной и бьющей ног. Дайте характеристику движений в тазобедренном, коленном и голеностопном суставах.

6.5. Паспорт оценочных средств промежуточной аттестации

№ п\п	Тема или раздел	Код контролируемых компетенций	Номер экзаменационного вопроса для контроля знаний	Номер тестовых заданий для промежуточной аттестации оценивающих знания и умения	Номер ситуационной задачи для контроля знаний и умений
1.	Ведение (предмет и история биомеханики)	ОПК-1	1,2,3,11	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,75,77	4,5,6
2.	Методы исследования в биомеханике	ОПК-1	2,15,27	13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,78	11,12,19,26
3.	Биомеханика двигательного аппарата	ОПК-1	11,23,26,25	34,42,43,45	9,13
4.	Биомеханические аспекты управления движениями человека	ОПК-1	16,24,26	46,47,48,65,66,67	1,21
5.	Биомеханика двигательных качеств	ОПК-1	17,18,19,22	30,31,40,44,50,51,52,53,54,56,57,79,80	26,27
6.	Биомеханика технико-тактического мастерства	ОПК-1	32-43	59-64	2,3,7,8,14,15,16,17,18,24
7	Биомеханика физических упражнений	ОПК-1	4-8,10,12-14,20,21,28-31	25,26,27,28,29,32,33,35-39,48,49,58,67-74,76,77	20,23,25,28,29,29

6.6. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности при проведении промежуточной аттестации

Процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций, подробно описаны в Положении о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в ФГБОУ ВО «Великолукская государственная академия физической культуры и спорта» (принято решением учёного совета ФГБОУ ВО «ВЛГАФК» 29 октября 2019 года, протокол № 03, введено в действие приказом ректора ФГБОУ ВО «ВЛГАФК» № 219 от 29 октября 2019 года).

Критерии оценивания ответа обучающегося на экзамене

оценка «отлично»	Обучающийся обнаруживает всесторонние осознанные систематические знания учебного материала и умение ими самостоятельно пользоваться; материал излагает профессиональным языком с использованием соответствующей системы понятий и терминов; проявляет творческие способности в понимании, изложении и практическом использовании знаний; понимает взаимосвязь основных понятий дисциплины в их значении для приобретаемой профессии; владеет на высоком уровне <i>навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач.</i> Уровень сформированности компетенций - высокий
оценка «хорошо»	Обучающийся обнаруживает полные знания учебного материала; освоил основные термины, понятия, закономерности, но при этом допускает отдельные неточности в формулировке понятий и/или интерпретации примеров из образовательной практики, которые он исправляет самостоятельно при указании преподавателя на неточности; владеет на хорошем уровне <i>навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач.</i> Уровень сформированности компетенций – не ниже повышенного
оценка «удовлетворительно»	Обучающийся обнаруживает знание большей части основного учебного материала в объёме, необходимом для дальнейшего обучения и предстоящей работы по профессии, но допускает неточности при ответе и/или интерпретации примеров из образовательной практики,

	которые исправляет после пояснений, данных преподавателем. При изложении материала встречаются терминологические некорректности. Владеет на пороговом уровне <i>навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач.</i> Уровень сформированности компетенций – не ниже порогового
оценка «неудовлетворительно»	Обучающийся имеет существенные пробелы в теоретических знаниях, допускает принципиальные ошибки при выполнении заданий, не способен решать профессиональные задачи. Уровень сформированности компетенций – недостаточный

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

7.1.1 Рекомендуемая литература (основная)

1. Попов, Г.И. Биомеханика двигательной деятельности: учебник для студентов учреждений высшего профессионального образования / Г.И. Попов, А.В. Самсонова. - Москва: Издательский центр «Академия», 2011. - 320 с.
2. Попов, Г.И. Биомеханика двигательной деятельности: учебник для студентов учреждений высшего профессионального образования / Г.И. Попов, А.В. Самсонова. - 3-е изд., стер. - Москва: Академия, 2014. - 320 с. - (Высш. проф. образование; Бакалавриат).
3. Попов, Г.И. Биомеханика двигательной деятельности: учебник для студентов учреждений высшего профессионального образования / Г.И. Попов, А.В. Самсонова. - 2-е изд., стер. – Москва: Академия, 2013. - 320 с. - (Высш. проф. образование; Бакалавриат).
4. Биленко, А.Г. Измерения в биомеханике физических упражнений. Практический курс: учебное пособие / А.Г. Биленко; НГУ физической культуры, спорта и здоровья им. П.Ф. Лесгафта.– Санкт-Петербург, 2010 // Электронная библиотека вузов ФК. - Режим доступа: локальная сеть ВЛГАФК, по договору.
5. Биленко, А.Г. Основы измерений в биомеханике физических упражнений. Теоретический курс: учебное пособие / А.Г. Биленко, Л.П. Говорков; НГУ физической культуры, спорта и здоровья им. П.Ф. Лесгафта. – Санкт-Петербург, 2011 // Электронная библиотека вузов ФК. - Режим доступа: локальная сеть ВЛГАФК, по договору.
6. Воронов, И.А. Моделирование и биомеханический анализ спортивных поз и движений с применением пакетов трехмерной графики: учебно-методическое пособие / И.А. Воронов; НГУ физической культуры, спорта и здоровья им. П.Ф. Лесгафта. – Санкт-Петербург: [б.и.], 2010 // Электронная библиотека вузов ФК. - Режим доступа: локальная сеть ВЛГАФК, по договору.

7.1.2. Рекомендуемая литература (дополнительная)

1. Зацiorский, В.М. Физические качества спортсмена: основы теории и методики воспитания / В.М. Зацiorский. - 3-е изд.- Москва: Советский спорт, 2009. - 200 с.
2. Баранцев, С.А. Возрастная биомеханика основных видов движений школьников: монография / С.А. Баранцев. - Москва: Советский спорт, 2014. - 304 с.
3. Курьсь, В.Н. Биомеханика. Познание телесно-двигательного упражнения: учебное пособие / В.Н. Курьсь. - Москва: Советский спорт, 2013. - 368 с.
4. Коренберг, В.Б. Лекции по спортивной биомеханике (с элементами кинезиологии): учебное пособие / В.Б. Коренберг. - Москва: Советский спорт, 2011. - 206 с.
5. Бегун, П.И. Биомеханика человека: учебное пособие: в 2-х частях. Ч. 1. Моделирование в биомеханике человека. / П.И. Бегун, О.В. Кривохижина, Е.А. Лебедева. – Санкт-Петербург: НГУФК им. П.Ф. Лесгафта, 2015 // Электронная библиотека вузов ФК. - Режим доступа: локальная сеть ВЛГАФК, по договору.
6. Бегун, П.И. Биомеханика человека: учебное пособие: в 2-х частях. Ч. 2. Биомеханика сердца, сосудистой и дыхательных систем / П.И. Бегун, О.В. Кривохижина, Е.А. Лебедева. – Санкт-Петербург: НГУФК им. П.Ф. Лесгафта, 2016 // Электронная библиотека вузов ФК. - Режим доступа: локальная сеть ВЛГАФК, по договору.
7. Кичайкина, Н. Б. Спортивная биомеханика: учебное пособие / Н.Б. Кичайкина. – Санкт-Петербург: НГУФК им. П.Ф. Лесгафта, 2015 // Электронная библиотека вузов ФК. - Режим доступа: локальная сеть ВЛГАФК, по договору.
8. Кичайкина, Н.Б. Биомеханика двигательных действий: учебное пособие / Н.Б. Кичайкина, А.В. Самсонова. – Санкт-Петербург: НГУФК им. П.Ф. Лесгафта, 2014 // Электронная библиотека вузов ФК. - Режим доступа: локальная сеть ВЛГАФК, по договору.
9. Кичайкина, Н.Б. Закономерности формирования и совершенствования систем движений: учебное пособие / Н.Б. Кичайкина, И.В. Косьмин. – Санкт-Петербург: НГУФК им. П.Ф. Лесгафта, 2017 // Электронная библиотека вузов ФК. - Режим доступа: локальная сеть ВЛГАФК, по договору.
10. Михайлов, С.С. Биомеханические основы спортивной работоспособности: учебное пособие / С.С. Михайлов. - 2-е изд., доп. – Санкт-Петербург: НГУФК им. П.Ф. Лесгафта, 2010 // Электронная библиотека вузов ФК. - Режим доступа: локальная сеть ВЛГАФК, по договору.
11. Темерева, В.Е. Биомеханика двигательной деятельности: учебно - методическое пособие / В.Е. Темерева, Г.Е. Шульгин. - Малаховка: МГАФК, 2015 // Электронная библиотека вузов ФК. - Режим доступа: локальная сеть ВЛГАФК, по договору.
12. Темерева, В.Е. Рабочая тетрадь по дисциплине "Биомеханика двигательной деятельности": практикум / В.Е. Темерева, Г.Е. Шульгин. - Малаховка: МГАФК, 2016.
13. Ципин, Л.Л. Биомеханика упражнений специальной силовой направленности в избранном виде спорта: учебное пособие / Л.Л. Ципин, И.Э. Барникова. – Санкт-Петербург: НГУФК им. П.Ф. Лесгафта, 2016 // Электронная библиотека вузов ФК. - Режим доступа: локальная сеть ВЛГАФК, по договору.

7.2.2. Перечень ресурсов информационно-коммуникационной сети «Интернет»

1. eLIBRARY.RU: научная электронная библиотека : сайт. – Москва, 2000 -. – URL: <http://www.elibrary.ru> (дата обращения 30.08.2021).

2. Электронная библиотека: библиотека диссертаций: сайт / Российская государственная библиотека. – Москва: РГБ, 2003 -. – URL: <http://diss.rsl.ru/> (дата обращения 30.08.2021).
3. Единое окно доступа к образовательным ресурсам: сайт. – Москва, 2005-. – URL: <http://window.edu.ru/>. (дата обращения 30.08.2021).
4. Министерство спорта Российской Федерации: сайт. – Москва: Министерство спорта Российской Федерации, 2021. - URL: <http://minsport.gov.ru> (дата обращения 30.08.2021).
5. © BИORS: сайт – 2020. - URL: <http://bodycamp.ru/wiki/health/bioimpedansometriya-dlya-chego-nuzhno-znat-sostav-tela/>
6. Физиологические механизмы утомления. Студми. Учебные материалы для студентов: сайт. – 2013. URL: https://studme.org/73875/meditsina/fiziologicheskie_mehanizmy_utomleniya (дата обращения 30.08.2021).
7. Теория и практика физической культуры: научно-теоретический журнал: сайт. - Москва. - URL: <http://www.teoriya.ru/ru> (дата обращения 30.08.2021).
8. Физическая культура: воспитание, образование, тренировка: научно-методический журнал: сайт. - URL: <http://www.teoriya.ru/ru/taxonomy/term/2> (дата обращения 30.08.2021).
9. Культура физическая и здоровье: научно-методический журнал: сайт. – Воронеж: Воронежский государственный педагогический университет, 2013. - URL: <http://kultura-fiz.vspu.ac.ru/content.html> (дата обращения 30.08.2021).
10. Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта: научно-теоретический журнал: сайт. – Санкт-Петербург: Национальный государственный университет физической культуры, спорта и здоровья имени П.Ф. Лесгафта, 2021. - URL: <http://lesgaft-notes.spb.ru/ru/node/638> (дата обращения 30.08.2021).
11. Учебный мультимедиа комплекс по основам физической культуры в вузе: учебное пособие / В.М. Богданов, В.С. Пономарев, А.В. Соловов, Ю.Л. Кислицын, В.Г. Щербаков, В.С. Побыванец – Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2012. - URL: http://cnit.ssau.ru/kadis/ocnov_set/index.htm (дата обращения 30.08.2021).

7.3. Программное обеспечение

1. Microsoft Office 2007
2. Microsoft Windows XP
3. Microsoft Windows 7
4. «Личный кабинет обучающегося» на вэб-ресурсе

7.4. Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

7.4.1. Профессиональные базы данных и информационные справочные системы, доступные в локальной сети

1. Электронная библиотека Национального государственного университета им. Лесгафта (Санкт-Петербург). – Режим доступа: локальная сеть ВЛГАФК, по договору.
2. Электронная библиотека Московской государственной академии физической культуры (Малаховка). – Режим доступа: локальная сеть ВЛГАФК, по договору.
3. Электронная библиотека Сибирского университета физической культуры (Омск). – Режим доступа: локальная сеть ВЛГАФК, по договору.

7.4.2. Профессиональные базы данных и информационные справочные системы, доступные в сети «Интернет» (заключены договора с ФГБОУ ВО «ВЛГАФК»)

1. РУКОНТ: национальный цифровой ресурс: межотраслевая электронная библиотека: сайт / Консорциум «КОНТЕКСТУМ». – Сколково, 2010. – URL:

<http://lib.rucont.ru/search>(дата обращения 30.09.2021). – Режим доступа: для авторизов. пользователей.

2. IPRbooks: электронно-библиотечная система (Базовая версия «Премиум»): сайт. – Саратов, 2005 -. – URL: <http://www.iprbookshop.ru/>(дата обращения 30.09.2021). – Режим доступа: для авторизов. пользователей.

3. Лань:электронно-библиотечная система (Сетевая электронная библиотека по физической культуре и спорту): сайт. - Санкт-Петербург, 2011 - . - URL: <https://e.lanbook.com/books> (дата обращения: 28.09.2021). – Режим доступа: для авторизов. пользователей.

4. SpringerNature: издательство: сайт. – Москва, 2019. – URL: <http://link.springer.com>(дата обращения 30.09.2021). – Режим доступа: для авторизов. пользователей.

5. Webofscience: наукометрическая реферативная база данных журналов и конференций: сайт. – Москва, 2019 -. – URL: <http://webofknowledge.com/> (дата обращения 30.09.2021).– Режимдоступа: дляавторизов. пользователей.

7.4.3. Профессиональные базы данных и информационные справочные системы сети «Интернет» свободного доступа

1. Электронная библиотека: библиотека диссертаций : сайт / Российская государственная библиотека. – Москва : РГБ, 2003 -. – URL: <http://diss.rsl.ru/> (дата обращения: 30.08.2021). – Текст: электронный.

2. eLIBRARY.RU : научная электронная библиотека : сайт. – Москва, 2000 -. – URL: <http://www.elibrary.ru> (дата обращения: 30.08.2021). – Текст: электронный.

3. Научная педагогическая электронная библиотека: сайт / Научная педагогическая библиотека им К.Д. Ушинского. – Москва, 2019. – URL: <http://elib.gnpbu.ru> (дата обращения: 30.08.2021). – Текст: электронный.

4. Большая бесплатная библиотека : сайт. –URL: <http://tululu.org/> (дата обращения: 30.08.2021). – Текст: электронный.

5. Научная электронная библиотека «КиберЛенинка»: сайт. – Москва. – URL: <http://cyberleninka.ru/> (дата обращения: 30.08.2021). – Текст: электронный.

6. Единое окно доступа к образовательным ресурсам: сайт. – Москва,2005-. – URL: <http://window.edu.ru/> (дата обращения: 30.08.2021). – Текст: электронный.

Спортивное чтение: спортивная электронная библиотека: сайт. – 2019. – URL: <http://sportfiction.ru/> (дата обращения: 30.08.2021). – Текст: электронный.

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
Лекционная аудитория с мебелью № 217 учебного корпуса № 1, пл. Юбилейная д.4	132 посадочных мест, доска информационная пластиковая, экран 3000×2600, проектор мультимедийный BenQ sp 831 с дистанционным пультом, ноутбук h.p. Probook 4515S, мышь компьютерная; Мультимедийное сопровождение преподаваемой дисциплины. Вешалки – 3шт., трибуна.
Аудитория с мебелью №102 учебного корпуса № 1, пл. Юбилейная д.4	30 посадочных мест, вешалки – 2 штуки, шкаф двухстворчатый; стол компьютерный; стол преподавательский; столы ученические – 15 штук, стулья

	ученические – 30 штук; доска информационная пластиковая, персональный компьютер Формоза; монитор Samsung 710N; клавиатура Genius, мышь компьютерная; сантиметровая лента – 1 штука, кистевой динамометр ДК-100 – 1 штука; электронный пульсометр Polar, электронный аппарат для измерения артериального давления – 1 штука; механические аппараты для измерения артериального давления – 2 штуки; фонендоскопы – 2 штуки; Плакаты: «Прыжок. Полет в воздухе. Положение перед приземлением. Мышцы. Вид спереди и сзади» - 1 штука; «Большой оборот назад» - 1 штука; «Промер опорного прыжка через козла» - 1 штука; «Результаты скорости сокращения мышц, приводящих в движение локтевой сустав, в зависимости от нагрузки» - 1 штука; «Структура системы движений и ее виды» - 1 штука. Методические указания к практическим занятиям по темам (распечатки): «Определение антропометрических данных сегмента, звена и тела спортсмена» - 10 штук; «Определение ЧЦМ (частного центра масс) сегмента и звена графически и аналитическим способом» - 10 штук; «Определение ОЦМ (общего центра масс) графическим способом» - 10 штук; «Определение ОЦМ аналитическим способом» - 10 штук.
Электронный читальный зал* библиотеки здания общежития с пристроенным учебным корпусом, пл. Юбилейная д. 4, к. 1	11 посадочных мест, ученические столы – 11, ученические стулья – 11, персональные компьютеры ТОНК 1507 – 11 штук, мониторы Samsung 710N – 11 штук

**Помещения для самостоятельной работы*

9. ХРОНОЛОГИЧЕСКИЙ ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН лекций, лабораторных, практических и семинарских занятий по дисциплине

9.1. Очная форма обучения

№ п/п	Темы лекций, лабораторных, практических и семинарских занятий в хронологическом порядке	Перечень необходимого оборудования, наглядные пособия	Количество часов и вид занятия	Возможность применения электронного обучения и дистанционных образовательных технологий при проведении
-------	---	---	--------------------------------	--

				учебного занятия
1	Введение (предмет и история биомеханики)	Мультимедиа	Интерактивная лекция, 2 ч.	Да
2	Методы исследования в биомеханике	Мультимедиа	Интерактивная лекция, 2 ч.	Да
3	Биомеханика двигательного аппарата человека	Мультимедиа	Интерактивная лекция, 2 ч.	Да
4	Биомеханические аспекты управления движениями человека	Мультимедиа	Интерактивная лекция, 2 ч.	Да
5	Биомеханика двигательных качеств	Мультимедиа	Интерактивная лекция, 2 ч.	Да
6	Биомеханика технико-тактического мастерства	Мультимедиа	Интерактивная лекция, 2 ч.	Да
7	Биомеханика физических упражнений	Мультимедиа	Интерактивная лекция, 2 ч.	Да
8	«Определение антропометрических данных сегмента и тела человека	Учебно-методические пособие, линейка, метровая лента, калькулятор, ручка, карандаш, тетрадь для практических работ	Практическое занятие с анализом ситуаций (кейсов) №1, 8 ч.	Да
9	Определение частного центра масс сегментов (звеньев) тела человека графическим способом. Контрольная работа №1 по темам «Кинематические характеристики», «Спортивно-техническое мастерство»	Учебно-методические пособие, линейка, метровая лента, калькулятор, ручка, карандаш, тетрадь для практических работ	Практическое занятие с анализом ситуаций (кейсов) №2.1, 8 ч.	Да
10	Определение частного центра масс сегментов (звеньев) тела человека аналитическим способом.	Учебно-методические пособие, линейка, метровая лента, калькулятор, ручка, карандаш, тетрадь для практических работ	Практическое занятие с анализом ситуаций (кейсов) кейсов №2.2, 8 ч.	Да
11	Определение общего центра масс	Учебно-методические	Практическое занятие с	Да

	графическим способом. Контрольная работа №2 по темам: «Физические качества, строение и функции биомеханической системы двигательного аппарата», «Биомеханика двигательных действий»	пособие, линейка, метровая лента, калькулятор, ручка, карандаш, тетрадь для практических работ, миллиметровая бумага (400х600 мм)	анализом ситуаций (кейсов) №3, 8 ч.	
12	Определение общего центра масс аналитическим способом.	Учебно-методические пособие, линейка, метровая лента, калькулятор, ручка, карандаш, тетрадь для практических работ, миллиметровая бумага (400х600 мм)	Практическое занятие с анализом ситуаций (кейсов) №4, 8 ч.	Да

Контрольные работы для обучающихся**КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА №1 по дисциплине
«Биомеханика двигательной деятельности»
на темы «Кинематические характеристики», «Спортивно-техническое мастерство»****Вариант 1**

1. Основу рефлексорной теории создал:
 - а) Леонардо да Винчи
 - б) Р. Декарт
 - в) Д. Борелли
 - г) Л. Фишер
2. Начало биомеханики как отрасли науки, заложил:
 - а) Р. Декарт
 - б) К. Кекчеев
 - в) В.С. Гурфинкель
 - г) Д. Борелли
3. Биомеханика физических упражнений разработана:
 - а) Р. Декартом
 - б) Л. Фишером
 - в) П.Ф. Лесгафтом
 - г) К. Кекчевым
4. Теоретическое обоснование процессов управления движениями дал:
 - а) К. Кекчеев
 - б) П.Ф. Лесгафт
 - в) Н.А. Бернштейн
 - г) Л. Браун
5. Выявили принцип синергии в организации работы скелетной мускулатуры:
 - а) Н.А. Бернштейн
 - б) В.С. Гурфинкель
 - в) Т. Шванн
 - г) Р. Броун
6. Работы о физиологической лабильности живых тканей и возбудимых систем принадлежат:
 - а) Н.Е. Введенскому
 - б) Н.А. Бернштейну
 - в) В.С. Гурфинкелю
 - г) А. А. Ухтомскому
7. Доминанту в деятельности нервных центров открыл:
 - а) А.Н. Крестовиков
 - б) А. А. Ухтомский
 - в) Н.Е. Введенский
 - г) Р. Гук
8. Координации движений, формирования двигательных условных рефлексов подробно изучал:
 - а) А. А. Ухтомский
 - б) К. Кекчеев
 - в) Н.Е. Введенский

- г) А.Н. Крестовиков
9. Функциональную (динамическую) анатомию применительно к задачам физкультуры и спорта разработал:
- а) К. Кекчеев
 - б) Л.В. Чхаидзе
 - в) М.Ф. Иваницкий
 - г) Н.М. Сеченов
10. Разделом биомеханики **не** является:
- а) динамическая биомеханика
 - б) общая биомеханика
 - в) дифференциальная биомеханика
 - г) частная биомеханика
11. В биомеханике выделяют уровней управлением движения (по Бернштейну):
- а) 6
 - б) 4
 - в) 3
 - г) 5
12. Совершенную методику регистрации движений разработал:
- а) Д.Д. Донской
 - б) Л. Фишер
 - в) Ф.А. Северин
 - г) Р. Гранит
13. Линия, которую описывает движущаяся точка по отношению к данной системе отсчета – это:
- а) путь
 - б) траектория
 - в) точка отсчета
 - г) материальная точка
14. Способность ориентироваться в пространстве у человека определяется наличием:
- а) среднего уха
 - б) больших полушарий головного мозга
 - в) мозжечка
 - г) вестибулярного аппарата
15. Если на всех участках траектории средняя скорость одинакова, то движение называется:
- а) равноудаленным
 - б) удлиненным
 - в) равномерным
 - г) динамичным
16. Предел, к которому стремится отношение перемещения тела в окрестности этой точки ко времени при неограниченном уменьшении интервала – это:
- а) мгновенная скорость
 - б) равномерная скорость
 - в) скачкообразная скорость
 - г) динамика
17. Временная мера повторности движений – это:
- а) ритм движений
 - б) быстрота движений
 - в) равномерность движений
 - г) темп движений
18. Равномерность ускорения в СИ измеряется в:
- а) м/с^2

- б) м/с
- в) Вт
- г) км/м

19. Если тело брошено вертикально вниз, то траектория – вертикальный отрезок, а движение является:

- а) равнозамедленным
- б) равнопеременным
- в) равноускоренным
- г) равномерным

20. Отношение угла поворота его радиус-вектора ко времени, за которое совершен поворот – это:

- а) частота вращения
- б) период вращения
- в) угловая скорость
- г) векторная скорость

Вариант 2

1. Отношение изменения угловой скорости ко времени этого изменения, вычисленное в очень маленьком интервале данной точки траектории – это:

- а) линейное ускорение
- б) векторное ускорение
- в) свободное ускорение
- г) угловое ускорение

2. В разделе «кинематика» изучается:

- а) механическое движение, без выяснения причин этого движения
- б) механические свойства тканей
- в) двигательную деятельность живых существ
- г) механические явления, сопровождающие процессы жизнедеятельности

3. Перечислите виды ускорения, приведите примеры их осуществления в спорте.

4. Количественная мера инертности тела – это:

- а) инерциальная система
- б) сила
- в) масса
- г) объем

5. Массу тела вычисляют по формуле:

- а) $F = m \cdot a$
- б) $m = (a_s / a_T) m_s$
- в) $F_0 = F_1 + F_2 + \dots$
- г) $m \cdot a = F$

6. Единица измерения силы в СИ – это:

- а) ат
- б) Н = кг·м/с²
- в) а_э
- г) m_э = 1

7. Проекция равнодействующей силы на тот радиус окружности, на котором в данный момент находится тело – это:

- а) центростремительная сила
- б) тангенциальная сила
- в) сила
- г) динамическая сила

8. Произведение величины силы на ее плечо называется:

- а) инерцией
- б) моментом инерции
- в) моментом силы
- г) силой

9. Момент инерции определяется по формуле:

- а) $M = \pm F h$
- б) $J = m R^2$
- в) $\dot{\epsilon} = M / J$
- г) $F_{ц} = m \cdot a_{ц}$

10. Работа, совершаемая мышцами при выполнении активных движений, называется:

- а) неизменной
- б) силовой
- в) динамической
- г) энергозатратной

11. Моментом силы (M) относительно оси вращения называется:

- а) произведение величины силы на ее плечо
- б) кратчайшее расстояние от оси вращения до линии действия силы
- в) сумма моментов инерции всех его точек
- г) величина, равная произведению момента инерции относительно данной оси на угловую скорость вращения

12. Точка, относительно которой сумма моментов сил тяжести, действующих на все частицы тела, равна нулю – это:

- а) правилом моментов
- б) безразличным ускорением
- в) равновесным положением тела
- г) центром тяжести тела

13. Твердое тело, чаще в виде стержня, которое может вращаться (поворачиваться) вокруг неподвижной оси – это:

- а) балансир
- б) блок
- в) рычаг
- г) неподвижный блок

14. Рычаг, обеспечивающий перемещение или равновесие головы в сагиттальной плоскости:

- а) рычаг второго рода
- б) рычаг первого рода
- в) рычаг третьего рода
- г) рычаг четвертого рода

15. Не дает выигрыша в силе, но позволяет изменять ее направление:

- а) рычаг первого рода
- б) неподвижный блок
- в) рычаг второго рода
- г) балансир

16. По форме различают мышцы:

- а) поверхностная
- б) одноперистая
- в) отводящая
- г) веретенообразная

17. Отводящая мышца называется:

- а) сфинктером

- б) абдуктором
- в) антагонистом
- г) аддуктором

18. Оттягивает дистальный отдел конечности назад:

- а) протрактор
- б) ротатор
- в) ретрактор
- г) абдуктор

19. Мышцы, выполняющие однотипные движения – это:

- а) синергисты
- б) антагонисты
- в) протракторы
- г) аддукторы

20. Сокращение мышцы, при котором ее волокна укорачиваются, но напряжение остается постоянным, называется:

- а) инерционным
- б) изометрическим
- в) изотоническим
- г) синергетическим

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА №2 по дисциплине
«Биомеханика двигательной деятельности»
на темы «Физические качества, строение и функции биомеханической системы
двигательного аппарата», «Биомеханика двигательных действий»

Вариант 1

1. Для исследования вестибулярного аппарата используют пробу:
 - а) К. Коллена
 - б) Р.И. Айзмана
 - в) Л. Брауна
 - г) Д. Ромберга
2. Тест, позволяющий определить порог чувствительности вестибулярного анализатора, называется тестом:
 - а) Д. Ромберга
 - б) Л. Брауна
 - в) А. Яроцкого
 - г) А. Баранова
3. Совокупность согласованных движений человека (животных), вызывающих активное перемещение в пространстве, называется:
 - а) двигательной реакцией
 - б) двигательной активностью
 - в) ходьбой
 - г) локомоцией
4. Сокращение, при котором мышца укоротиться не может (оба конца неподвижно закреплены), а напряжение возрастает, называется:
 - а) изометрическим
 - б) изотоническим
 - в) статическим
 - г) инерционным
5. Естественные локомоции (ходьба, бег, лазание, прыжки) и их координация формируются в возрасте:
 - а) до 2 лет
 - б) до 1,5 лет
 - в) от 2 до 5 лет
 - г) от 7 до 12 лет
6. Формирование координационных механизмов движений заканчивается:
 - а) в 7 лет
 - б) в 16-17 лет
 - в) в 5 лет
 - г) в 20-25 лет
7. Двигательные действия, выполняемые за минимальный отрезок времени – это:
 - а) ловкость
 - б) сила
 - в) выносливость
 - г) быстрота
8. Соотнесите:
 1. Длительность движения
 2. Темп движений
 3. Ритм движений
 - а) временная мера соотношения частей движений, определяется по соотношению промежутков времени, затраченного на соответствующие части движения.

- б) временная мера, которая измеряется разностью моментов времени окончания и начала движения.
- в) временная мера повторности движений, измеряется количеством движений, повторяющихся в единицу времени (частота движений).
9. Соотнесите:
1. положительное ускорение точки
 2. отрицательное ускорение точки
 3. нормальное ускорение точки
- а) имеет направление, противоположное направлению скорости – скорость убывает
 б) имеет одинаковое направление со скоростью – скорость возрастает;
 в) скорость прежняя, изменяется направление
10. Способность мышцы укорачиваться при возбуждении, в результате чего возникает сила тяги, называется
- а) возбудимость
 - б) сократимость
 - в) растяжимость
 - г) раздражимость
11. Релаксация мышц – это
- а) свойство, проявляющееся в уменьшении с течением времени силы тяги при измененной длине мышцы
 - б) свойство, проявляющееся в уменьшении с течением времени силы тяги при постоянной длине мышцы
 - в) свойство, проявляющееся в увеличении с течением времени силы тяги при постоянной длине мышцы
 - г) свойство, проявляющееся в уменьшении с течением времени силы тяги при постоянной длине мышцы.
12. При описании макроструктуры скелетных мышц выделяются три компонента:
- а) мышечные волокна, соединительно-тканые образования и связки
 - б) брюшко мышцы, соединительно-тканые образования и сухожилия
 - в) мышечные волокна, соединительно-тканые образования и сухожилия.
 - б) брюшко мышцы, соединительно-тканые образования и связки
13. Способность выполнять движения в каком-либо суставе с большой амплитудой за счет активности мышечных групп, проходящих через этот сустав, называется
- а) пассивной гибкостью
 - б) активной гибкостью
 - в) растяжимостью
 - г) пластичностью
14. Наивысшая амплитуда, которая достигается за счет внешних сил, называется
- а) пассивной гибкостью
 - б) активной гибкостью
 - в) растяжимостью
 - г) пластичностью
15. Способность человека преодолевать внешнее сопротивление или противодействовать ему за счёт мышечных усилий, называется
- а) упорством
 - б) растяжением
 - в) силой
 - г) выносливостью
16. Скоростно-силовые качества – это
- а) разновидность скоростных качеств, характеризующихся способностью человека проявлять скорость при различных силах выполнения движения
 - б) разновидность силовых качеств, характеризующихся способностью человека

проявлять скорость при различных силах выполнения движения

в) разновидность силовых качеств, характеризующихся способностью человека проявлять скорость при различных силах выполнения движения

г) разновидность силовых качеств, характеризующихся способностью человека проявлять силу при различных скоростях выполнения движения.

17. Примерами латентных показателей выносливости могут быть:

а) коэффициент силы и коэффициент выносливости

б) коэффициент выносливости, запас скорости

в) коэффициент выносливости, запас силы

г) запас скорости и запас силы

18. На сколько звеньев можно разбить тело человека, которые имеют между собой сочленения и представляются рычагами или маятниками.

а) 10

б) 17

в) 15

г) 20

19. Опорной поверхностью для тяжелоатлета является:

а) поверхность подошв обуви,

б) вся поверхность помоста

в) вся поверхность помоста и поверхность подошв обуви

20. Чтобы звено человеческого тела привести во вращательное движение, то

а) направление действия силы должно быть параллельно оси вращения этого звена или проходить через точку сочленения.

б) направление действия силы не должно быть параллельно оси вращения этого звена или проходить через точку сочленения.

в) направление действия силы не должно проходить через точку сочленения.

г) направление действия силы должно быть параллельно оси вращения этого звена

Вариант 2

1. Отталкивание от опоры выполняется посредством:
 - а) маховых движений свободными конечностями и другими звеньями.
 - б) отталкивания ногами от опоры
 - в) отталкивания ногами от опоры и маховых движений свободными конечностями и другими звеньями.
 - г) конечным разгибанием стопы
2. Быстрые движения свободных звеньев тела, в основном, по направлению с отталкиванием ногой от опоры, называются
 - а) маховыми движениями
 - б) размахом
 - в) вспомогательными движениями
 - г) безразличными для отталкивания движениями
3. Исходные позы для последующего передвижения, которые обеспечивают лучшие условия развития стартового ускорения, называется
 - а) исходным положением
 - б) подготовительным положением
 - в) стартовым положением
 - г) предстартовым положением
4. В ударных действиях различают:
 - а) замах, ударное движение, ударное взаимодействие, послеударное движение
 - б) исходное положение, замах, ударное взаимодействие, послеударное движение
 - в) замах, ударное движение, послеударное движение
 - г) исходное положение, ударное движение, послеударное движение
5. Биокинематическая пара — это
 - а) не подвижное (кинематическое) соединение двух костных звеньев, в котором возможности движений определяются его строением и управляющим воздействием мышц.
 - б) подвижное (кинематическое) соединение трех – четырех костных звеньев, в котором возможности движений определяются его строением и управляющим воздействием мышц.
 - в) подвижное (кинематическое) соединение двух костных звеньев, в котором возможности движений определяются его строением и управляющим воздействием мышц.
 - г) полуподвижное (кинематическое) соединение двух костных звеньев, в котором возможности движений определяются его строением и управляющим воздействием мышц.
6. Последовательное соединение ряда биокинематических пар – это
 - а) цепь суставных соединений
 - б) цепь опрно-двигательного аппарата
 - в) биодинамическая цепь
 - г) биокинематическая цепь
7. Биокенамитические цепи бывают:
 - а) прерывистые
 - б) замкнутые
 - в) незамкнутая
 - г) дифференцированные
8. В зависимости от направления скоростей, движения звеньев тела человека могут быть:

- а) возвратно-вращательными
- б) возвратно-поступательными
- в) прямолинейными
- г) круговыми

9. В возвратных движениях имеется критическая точка, в которой происходит смена направления движения, примером могут служить:

- а) педалирование в велоспорте
- б) замах ракеткой на ударное движение — в теннисе
- в) занос весла на гребковое движение — в гребле
- г) амортизация на отталкивание — в беге

10. Костные рычаги — это

- а) звенья тела, подвижно соединенные в суставах, под действием приложенных сил могут сохранять свое положение или изменять его
- б) звенья тела, полуподвижно соединенные между собой, под действием приложенных сил изменяют свое положение
- в) звенья тела, неподвижно соединенные между собой, под действием сил не изменяют свое положение.

11. Сколько степеней свободы имеет тазобедренный сустав?

- а) 5
- б) 4
- в) 3
- г) 2

12. Сколько степеней свободы имеет межфаланговый сустав?

- а) 1
- б) 2
- в) 3
- г) 4

13. К биомеханическим особенностям костной системы относится упругость.

Упругость – это:

- а) способность костной ткани к растяжению
- б) способность костной ткани деформироваться
- в) способность костной ткани противодействовать нагрузкам
- г) способность костной ткани не изменять своей структуры

14. Закономерности силового (динамического) взаимодействия частей тела человека друг с другом и внешними телами (среда, опора, снаряды, партнеры, противники) – это:

- а) информационные структуры
- б) обобщенные структуры
- в) динамическая структура
- г) ритмические структуры

15. Решает теоретические проблемы и помогает узнать, как и почему человек двигается:

- а) дифференциальная биомеханика
- б) общая биомеханика
- в) специальная механика
- г) частная биомеханика

16. При статической форме мышечного сокращения мышца изменяет:

- а) длину и напряжение одновременно
- б) вес
- в) напряжение
- г) длину

17. Раздел механики, посвященный изучению движения материальных тел под действием приложенных к ним сил, называется:

- а) кинематикой
- б) гидравликой
- в) статикой
- г) динамикой

18. Объективный метод регистрации положения и проекции общего центра масс на плоскость опоры называется

- а) стабилотрафией
- б) энцефалотрафией
- в) подотрафией
- г) циклотрафией

19. Мера воздействия силы на тело за данный промежуток времени (в поступательном движении) – это

- а) момент силы
- б) масса
- в) импульс силы
- г) скорость

20. Максимальная сила, проявляемая человеком в каком-либо движении независимо от массы его тела, - это

- а) ловкость
- б) относительная сила
- в) взрывная сила
- г) абсолютная сила

ПРИЛОЖЕНИЕ №2

Методические указания для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья

Рабочая программа дисциплины (модуля) адаптируется при необходимости для лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) или инвалидностью и дополняется нижеследующими особенностями при ее освоении такими обучающимися. Используются следующие образовательные технологии с учетом их адаптации для лиц с ОВЗ или инвалидностью:

Образовательные технологии	Цель	Адаптированные методы
Проблемное обучение	Развитие познавательной способности, активности, творческой самостоятельности лиц с ОВЗ или инвалидностью	Поисковые методы, постановка познавательных задач с учетом индивидуального социального опыта и особенностей лиц с ОВЗ или инвалидностью
Концентрированное обучение	Создание блочной структуры учебного процесса, наиболее отвечающей особенностям здоровья лиц с ОВЗ или инвалидностью	Методы, учитывающие динамику и уровень работоспособности лиц с ОВЗ или инвалидностью
Модульное обучение	Гибкость обучения, его приспособление к индивидуальным потребностям лиц с ОВЗ или инвалидностью	Индивидуальные методы обучения: индивидуальный темп и график обучения с учетом уровня базовой подготовки лиц с ОВЗ или инвалидностью
Дифференцированное обучение	Создание оптимальных условий для выявления индивидуальных интересов и способностей лиц с ОВЗ или инвалидностью	Методы индивидуального личностно-ориентированного обучения с учетом ОВЗ и личностных психолого-физиологических особенностей
Развивающее обучение	Ориентация учебного процесса на потенциальные возможности лиц с ОВЗ или инвалидностью	Вовлечение обучающихся с ОВЗ и инвалидов в различные виды деятельности, развитие сохранных возможностей
Социально-активное, интерактивное обучение	Моделирование предметного и социального содержания учебной деятельности лиц с ОВЗ или инвалидностью	Методы социально-активного обучения, игровые методы с учетом социального опыта лиц с ОВЗ или инвалидностью
Рефлексивное обучение, развитие критического мышления	Интерактивное вовлечение лиц с ОВЗ или инвалидностью в групповой образовательный процесс	Интерактивные методы обучения, вовлечение лиц с ОВЗ или инвалидностью в различные

		виды деятельности, создание рефлексивных ситуаций по развитию адекватного восприятия собственных особенностей
--	--	---

Имеется возможность беспрепятственного доступа обучающихся с ограниченными возможностями здоровья, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата, в учебные помещения и другие помещения ФГБОУ ВО «ВЛГАФК» (на первые этажи) (имеются пандусы, поручни, расширенные дверные проёмы) по адресам:

182105, Псковская область, г Великие Луки, пл Юбилейная, д 4.

182105, Псковская область, г. Великие Луки, пл. Юбилейная, д.4, к.1.

Имеется возможность их пребывания в указанных помещениях. Лифтов нет. Аудитории для проведения учебных занятий с такими обучающимися располагаются на первых этажах.

Образовательные технологии применяются как с использованием универсальных, так и специальных информационных и коммуникационных средств, в зависимости от вида и характера ограниченных возможностей здоровья или инвалидностью обучающихся.

На уровне специальных приемов, используемых при обучении лиц с ОВЗ и инвалидностью используются следующие: 1) приемы, обеспечивающие доступность учебной информации (рельефное письмо и осязательное чтение для обучающихся с нарушениями зрения, жестовая речь для обучающихся с нарушениями слуха, дозированность учебной нагрузки и др.); 2) специальные приемы организации обучения (алгоритмизация учебной деятельности с учетом особенностей нарушения, специфика структурного построения занятий, и др.). 3) логические приемы переработки учебной информации (конкретизация, установление аналогий по образцам, обобщение по доступным признакам изучаемых объектов и явлений и др.); 4) приемы использования технических средств, специальных приборов и оборудования (технические средства по перекодированию зрительной и слуховой информации в доступные для сохраненных анализаторов сигналы, использование приборов, усиливающих зрительную, тактильную, слуховую и др. информацию).

Проводится дополнительная индивидуальная работа с преподавателем (индивидуальные консультации), работа с лекционным и дополнительным материалом, беседа, морально-эмоциональная поддержка и стимулирование, индивидуальная учебная работа, то есть дополнительное разъяснение учебного материала и углубленное изучение материала с теми обучающимися, которые в этом заинтересованы, или им требуется проведение индивидуальной учебно-воспитательной работы.

Обучающимся осуществляется самостоятельная работа: работа с книгой и другими источниками информации, план-конспекты, реферативные (воспроизводящие), реконструктивно-вариативные, эвристические, творческие самостоятельные работы, проектные работы, онлайн технологии сети «Интернет».

Конкретные формы и виды контактной работы лиц с ОВЗ или инвалидностью устанавливаются преподавателем индивидуально для каждого обучающегося или, при возможности, для нескольких обучающихся. Выбор форм и видов контактной и самостоятельной работы лиц с ОВЗ или инвалидностью осуществляется с учетом их способностей, особенностей восприятия и готовности к освоению учебного материала. Формы работы устанавливаются с учетом индивидуальных психофизических особенностей (устно, письменно на бумаге, на компьютере или с использованием иной техники, в форме тестирования и т.п.). При необходимости обучающимся предоставляется дополнительное время для консультаций и выполнения заданий.

К реализации дисциплины (модуля), в том числе при процедуре оценки уровня сформированности компетенций (в соответствии с запросами обучающихся) привлекаются услуги ассистентов, сурдопереводчиков¹, специалистов² по специальным техническим и программным средствам обучения.

Обучение лиц с нарушениями слуха предполагает использование мультимедийных средств и других технических средств для приема-передачи учебной информации в доступных формах.

Для слабовидящих обучающихся предусмотрена возможность просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране).

Обучение лиц с нарушениями зрения предполагает использование технических средств для приема-передачи учебной информации в доступных формах.

Для обучающихся с нарушениями опорно-двигательного аппарата в учебных аудиториях выбирается место с возможностью беспрепятственного к нему доступа на инвалидной коляске.

Дополнительное учебно-методическое и информационное обеспечение, необходимое для освоения дисциплины (модуля):

- библиотечный фонд помимо учебной литературы включает справочно-библиографические и периодические издания в соответствии с перечнем, указанным в рабочей программе дисциплины (модуля);

- обеспечивается доступ к ним обучающихся с ОВЗ и инвалидов с использованием специальных технических средств.

Дополнительное материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)³:

- Аппаратно-программный комплекс «Читающая машина» для лиц с нарушениями зрения;

- Увеличивающее телевизионное устройство для слабовидящих ElecGeste ЕМ-302 для лиц с нарушениями зрения;

- использование звукоусиливающей аппаратуры для лиц с нарушениями слуха.

Использование оценочных средств для определения уровня сформированности компетенций, обучающихся с ОВЗ и инвалидов, проводится с учетом индивидуальных особенностей восприятия, переработки материала, выполнения заданий. Материалы оценочных средств при необходимости представляются обучающимся в печатном и (или) электронном, и (или) аудиоформате, т.е. в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

¹ ФГБОУ ВО «ВЛГАФК» аккредитован договор № б/н от 01.12.2017 года на оказание, в случае необходимости, услуг сурдопереводчика

² Приказом ректора № 201 от 25.10.2016 назначены ответственные за оказание технической помощи по каждому конкретному адресу (по каждому зданию)

³ 3 октября 2018 года заключено соглашение о сотрудничестве между ФГБОУ ВО «Российский государственный университет физической культуры, спорта, молодежи и туризма (ГЦОЛИФК)», утвержденным в качестве образовательной организации высшего образования, подведомственной Министерству спорта Российской Федерации, на базе которой создан Ресурсный учебно-методический центр (РУМЦ) по обучению инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, и ФГБОУ ВО «Великолукская государственная академия физической культуры и спорта». На основании пункта 3.1.4. этого соглашения о сотрудничестве РУМЦ предоставляет во временное пользование образовательной организации высшего образования технические средства обучения и оборудование Центра коллективного пользования для обучения студентов с инвалидностью и ограниченными возможностями здоровья

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла.

Текущий контроль результатов обучения осуществляется преподавателем в процессе проведения занятий семинарского типа, а также выполнения индивидуальных работ и домашних заданий, или в режиме тренировочного тестирования в целях получения информации о выполнении обучаемым требуемых действий в процессе учебной деятельности; правильности выполнения требуемых действий; соответствия формы действия данному этапу усвоения учебного материала, что позволяет своевременно выявить затруднения и отставание обучающихся с ОВЗ и инвалидов и внести коррективы в учебный процесс. При необходимости предусматривается увеличение времени на подготовку или выполнение заданий.

Формы проведения промежуточной аттестации для обучающихся с ОВЗ и инвалидов устанавливаются с учетом индивидуальных психофизических особенностей (устно, письменно на бумаге, письменно на компьютере, в форме тестирования и т.п.). При необходимости предусматривается увеличение времени на подготовку. Промежуточная аттестация может проводиться в несколько этапов, при необходимости предоставляется техническая помощь.

Тексты/конспекты лекций

Тема 1.1. Введение в предмет и история биомеханики

Предмет и история биомеханики

Для правильной подготовки спортсменов высокой квалификации тренер должен владеть глубокими знаниями по основным естественным дисциплинам. К их числу относятся: физика, биология и химия. Со стороны социальных наук необходимо изучение психологии.

Любой тренер должен разбираться в биологии, точнее в ее разделе анатомии, чтобы правильно представлять себе внутреннее строение атлета, работу его мышечного аппарата и, если возникнет необходимость, локализацию того или иного заболевшего органа.

Для работы мышц нужна энергия. Ей можно взяться только за счет химических процессов, протекающих в организме спортсмена во время выполнения упражнений. Чтобы яснее представлять преобладание аэробных или анаэробных процессов для конкретных видов спорта необходимо знание биохимии.

Любое соревнование – это борьба индивидуумов. Немалую роль в победе играет не только физическая выносливость, но и психологическая устойчивость. Недаром великие тренеры всегда уделяют большое внимание тактической и психологической подготовке своих воспитанников. По этой причине обучение психологии является обязательным компонентом в подготовке тренера.

Любой вид спорта сопряжен с преодолением спортсменом сил трения, тяготения и других сил физической природы. Чтобы свести к минимуму паразитную или вредную часть этих сил тренер должен разбираться в физике. Кроме того, движение крови в организме также подчиняется физическим законам. При изучении характера таких движений и возникла наука, которую принято называть биомеханика.

Термин биомеханика составлен из двух греческих слов: *bios* – жизнь и *mechanike* – наука о машинах. Эта наука характеризуется применением основных принципов механики, т.е. науки о механических движениях материальных тел и взаимодействиях, происходящих при этом между ними, к живым организмам. Область исследований, связанная с применением механических и биомеханических закономерностей применительно к спорту, стала называться спортивная биомеханика в отличие от других разделов биомеханики, которые имеют скорее медицинское применение.

Все виды спорта тесно связаны с движением тел. В некоторых видах основным движущим объектом является сам спортсмен, в котором сочетаются различные формы перемещающихся объектов, как, например, кости и мышцы. Спринтерский бег и прыжки в высоту, например, являются теми видами спорта, в которых спортсмену необходимо как можно быстрее перемещаться или как можно выше прыгнуть. Однако в приведенном примере мы сталкиваемся и с перемещением других предметов, таких как обувь спортсмена или его одежда.

В некоторых видах спорта самое главное заставить перемещаться с максимальной скоростью на возможно дальнее расстояние или же с максимальной скоростью не тело спортсмена, а другие предметы (снаряды – диск, ядро, мяч). В спорте используется большое разнообразие таких предметов, для каждого из которых характерны свои типовые, количественные и конструкторские характеристики. В разных видах спорта встречается много типов мячей.

В одних видах предметы перемещаются не непосредственно, а при помощи различных приспособлений, например, при помощи бейсбольной биты, теннисной ракетки или винтовки. В других же видах спорта спортсмену самому требуется приводить в движение и управлять предметами, являющимися специальными атрибутами в конкретном виде спорта (например, велосипед или яхта).

Сила способна вызвать или остановить движение. Энергетические системы обеспечивают превращение химической энергии в механическую, что проявляется в развитии мышцами сократительной активности и, как следствие – проявлении силы. Во всех видах спорта кто-то (или что-то) может препятствовать поставленной цели. Спорт не может существовать без соревнований, в связи с чем всегда присутствуют факторы, требующие их преодоления. В некоторых видах спорта эти факторы не связаны с непосредственным контактом с соперником. Однако в других видах, таких как силовые единоборства, такой контакт имеет прямое отношение к взаимодействию сил.

Во многих видах спорта показатели специальной работоспособности спортсмена зависят от способности развиваемых им мышечных напряжений преодолевать внешние естественные сопротивления, препятствующие выполнению движений. Наиболее значимые из таких сил являются гравитация, силы трения и силы физического сопротивления движению тел в воде и в воздухе. В некоторых видах спорта рациональное использование этих сил может способствовать улучшению спортивной работоспособности. Например, во время спуска велосипедиста после преодоления горного подъема гравитация служит ему помощником.

Перемещающаяся окружающая среда (вода, воздух) может способствовать повышению показателей спортивной работоспособности (при сопутствующем потоке воздуха или воды). Поэтому, например, рекордные результаты в беге на короткие дистанции или в прыжках в длину фиксируются только при скорости попутного ветра не более 2 м/с. В некоторых видах спорта такие потоки служат основным фактором, на котором базируется тренировочная и соревновательная деятельность. Прыгуны на лыжах и горнолыжники тесно зависимы от гравитационных сил и потоков воздуха, а вот яхтсмены – от течения воды, от ветра и создаваемых им волн.

Как правило, внешние силы сопротивления препятствуют достижению успеха в спорте. Так прыгуны в высоту или с шестом, по существу, соревнуются с гравитацией. Горнолыжник испытывает значительное сопротивление встречному потоку воздуха, тогда как пловец-спринтер должен преодолеть значительное сопротивление воды. Существенно повлиять на спортивный результат могут и силы трения, как в случае ухудшения скольжения лыж при таянии снега.

Поэтому в видах спорта, где результат во многом зависит от воздействия внешних сил на движение, как, например, в парусном спорте, некоторые исследователи акцентируют свое внимание на путях повышения эффективности использования этих сил (например, путем улучшения конструкции яхты). Однако чаще изучаются возможности снижения сопротивления воды, воздуха, сил гравитации и трения.

Немного подробнее затронем каждую из внешних сил.

Наиболее значительная сила, действующая на нас – это сила земного притяжения. Величина этой силы зависит, в основном, от двух факторов. Первый – это расстояние от тела до центра Земли. Чем ближе к центру, тем сила притяжения больше. Следовательно, на значительной высоте над уровнем моря и на определенных географических широтах спортивные результаты в отдельных видах спорта могут быть улучшены просто из-за меньшей силы тяготения.

Второй фактор – масса тела, включая одежду. С увеличением массы возрастает и гравитационная сила, поэтому для ее преодоления необходимо развивать большее усилие.

Сопротивление жидкой и газообразной среды зависит от многих факторов. Одним из них является природа жидкости или газа. Все спортивные упражнения выполняются в воздушной или водной среде, и поскольку плотность воздуха меньше плотности воды, то сопротивление воздуха также меньше.

Однако некоторые внешние факторы могут повлиять на плотность этих сред. На значительных высотах над уровнем моря плотность воздуха намного меньше, а значит его сопротивление движению также меньше. Поскольку с высотой снижается и сила

тяготения, то такое сочетание способствует улучшению спортивных результатов. Наглядный пример – рекорд Боба Бимона в прыжках в длину на Олимпийских играх 1968 года в

Мехико. Мехико расположен на высоте 2 300 метров над уровнем моря.

Таким образом, для установления личного рекорда спортсмен может участвовать в соревнованиях, которые проводятся в подходящих для этого условиях окружающей среды. Правда для победы этого может оказаться недостаточно, потому что соперники будут находиться в аналогичных условиях.

Соппротивление окружающей среды приобретает особое значение для спортсменов, которые перемещаются с высокой скоростью. Соппротивление воздуха и воды возрастает не прямо пропорционально увеличению скорости движения спортсмена, а пропорционально квадрату скорости. Таким образом, при увеличении скорости бега в два раза с 5 м/с до 10 м/с сопротивление воздуха возрастет в 4 раза. Это не означает, что спортсмену необходимо увеличить общую энергопродукцию в 4 раза, а следует иметь в виду, что возрастающая часть вырабатываемой организмом энергии будет расходоваться на преодоление растущего сопротивления воздуха. Хотя количество этой энергии и незначительно при умеренной скорости бега, однако при высоких спринтерских скоростях, как, например, в велосипедном спорте или скоростном беге на коньках, этот фактор приобретает чрезвычайно важное значение.

Соппротивление жидкости или воздуха часто называют торможением. Два вида торможения, взаимосвязанных со скоростью, имеют важное значение в спорте. Первый вид – торможение, обусловленное площадью сечения предмета, перпендикулярной силе действующего сопротивления. Если высунуть руку из окна движущегося автомобиля и поставить ее ребром к встречному потоку, то движение воздуха не доставит большого беспокойства. Если же ладонь развернуть на всю поверхность перпендикулярно движению потока воздуха, то сила сопротивления заставит убрать руку из окна. Этот простой пример демонстрирует, как форма объекта может повлиять на сопротивление воздуха.

Поверхностное торможение представляет собой второй вид сопротивления, во многом зависящего от размеров и структуры поверхности тел. Как правило, чем больше и грубее поверхность, тем сильнее тормозной эффект. Это сопротивление можно снизить, уменьшая площадь поверхности движущихся тел или конструктивно уменьшая поверхностное торможение. Для этого создавались, например, специальные костюмы для спринтеров бегунов и пловцов.

Еще одна сила сопротивления, возникающая уже не между газообразной или жидкой средой и твердым телом, а между твердыми телами – это сила трения. Вместе с тем, оба вида сил сопротивления имеют место в различных видах спорта. Так, например, велосипедисту приходится преодолевать не только сопротивление воздуха, препятствующее движению спортсмена и велосипеда, но и сопротивление сил трения между деталями самого велосипеда и между колесом и поверхностью дороги.

Сила трения зависит, главным образом, от двух факторов. Одним из них является масса одного предмета, приложенного к поверхности другого. При этом, чем больше масса (а точнее физически – вес), тем выше сила трения.

Вторым фактором, влияющим на силу трения, является качество двух соприкасающихся поверхностей: чем грубее поверхности, тем сила трения больше.

В спорте трение несет двойную нагрузку. В одних случаях оно должно быть возможно большим, а в других, наоборот, – возможно меньшим. Так, например, для спринтера важно, чтобы между подошвой обуви и поверхностью беговой дорожки существовало определенное трение, позволяющее спортсмену эффективно перемещаться вперед. Если это трение очень низкое, например, из-за износа шипов или из-за покрытия дорожки песком или водой, то нога может проскальзывать, и эффективность продвижения вперед снижается. В то же время, если шипы кроссовок будут слишком длинными, то это

приведет к значительному увеличению сил трения, что также отрицательно отразится на скорости бега.

Мы показали механическую составляющую науки, называемой спортивная биомеханика. Теперь рассмотрим ее биологическую часть.

Теоретически, существуют два основных способа повышения спортивной работоспособности за счет модификации биомеханических характеристик организма спортсмена. Во-первых, этого можно добиться за счет эффективного использования силы более совершенным способом. Спортсмен может обладать высокоразвитыми физиологическими системами, но если вырабатываемая в его организме энергия используется малоэффективно, то и уровень проявления спортивной работоспособности также окажется невысоким. Можно обладать высокой мощностью лактатной энергетической системы, которая позволяет достигнуть превосходных результатов в плавании, однако если человек не умеет плавать, то вся эта его энергия будет потрачена только на то, чтобы не утонуть.

Второй способ улучшения спортивной работоспособности заключается в придании телу спортсмена такого положения, которой бы максимально способствовало снижению сопротивления воздуха или воды, препятствующих движению. Совершенствование положения тела пловца в воде в различные фазы гребка может уменьшить сопротивление воды. Уменьшение массы тела снижает влияние гравитации, что может благоприятно отразиться на показателях спортивной работоспособности в таком виде спорта, как спортивная гимнастика, где спортсмену приходится постоянно удерживать или преодолевать свой вес. Увеличение же массы тела способствует возрастанию сил трения и гравитации, а это важно в таком виде спорта как борьба сумо.

Одним из главных направлений в современных биомеханических исследованиях является разработка особой спортивной техники для того, чтобы вырабатываемая спортсменом энергия наиболее эффективно трансформировалась в его двигательную функцию. Простые примеры такого развития: переход от высокого к низкому старту при спринтерском беге, смена двухударного кроля на шестиударный, прыжок в высоту «флоп» вместо «перекидного».

Анализ механических усилий рук пловца и гребца, взаимосвязи движений ног и рук у лыжника-гонщика, старта легкоатлета-спринтера, последовательности движений ног и рук у прыгуна в высоту во время выполнения прыжка – вот несколько примеров исследований, которые могут способствовать становлению более эффективной техники спортивных упражнений. Так, например, положение кисти и предплечья у пловца в различные фазы гребка анализируется для того, чтобы обеспечить наиболее эффективную площадь поверхности и угла во время гребка. Это позволяет максимально использовать прилагаемую силу и обеспечить оптимальный подъемный эффект.

В зависимости от вида спорта результаты исследований, проведенных с использованием аэродинамической трубы, моделирующей движение в заданном потоке воздуха, свидетельствуют о том, что положение или площадь поверхности тела может способствовать снижению сопротивления движению. В высокоскоростных видах спорта, таких как велосипедный спорт, скоростной бег на коньках, скоростной спуск на лыжах и бобслей, выбор обтекаемого потоком воздуха оптимального положения спортсмена может значительно уменьшить сопротивление. В некоторых видах спорта спортсмены стараются придать своему телу изогнутую форму, аналогичную падающей капле. Такая конфигурация сводит к минимуму площадь поверхности, подставленную ветру, вследствие чего поток воздуха плавно огибает поверхность тела спортсмена и встречное сопротивление воздуха при этом снижается.

В высокоскоростных видах спорта использование такой техники приобретает чрезвычайно важное значение, поскольку около 90% общего сопротивления движению может приходиться на сопротивление воздушному потоку.

Эксперименты показывают, что сопротивление воздуха можно снизить и другими

способами, применение которых в некоторых видах спорта может оказаться довольно эффективным. При езде на высокой скорости велосипедист, едущий за спиной ведущего спортсмена, может развивать на 30% меньше мощности, чем идущий впереди, который принимает главный удар воздушного потока на себя. Результаты исследований свидетельствуют о том, тактика за спиной ведущего может создавать определенное преимущество и в беге, в частности при беге по шоссе против ветра. В среднем при таком беге для преодоления сопротивления воздуха требуется около 6-7% общих энергозатрат, однако сильный встречный ветер может значительно их увеличить. В таком случае спортсмен, находящийся позади или в середине многочисленной группы бегунов, пребывает в более благоприятных условиях, поскольку будет испытывать меньшее сопротивление воздуха.

Помимо технических аспектов как уже говорилось немалую роль играет масса и строение тела. Организм человека состоит из различных тканей, но с точки зрения биомеханики рассматриваются только два основных компонента – жировая и обезжиренная масса. Большая часть обезжиренного компонента представлена мышечной массой, которая приблизительно на 70% состоит из воды. Таким образом, воду можно рассматривать как третий компонент, определяющий массу тела.

Хотя результаты научных исследований и не выявили какой-то особой специфичности процентного соотношения жира и обезжиренной массы, идеального для конкретного вида спорта, все же накоплено достаточное количество данных для того, чтобы можно было сделать некоторые обобщенные выводы. Научные компоненты говорят о том, что избыток жирового компонента тела отрицательно влияет на показатели спортивной работоспособности в тех видах спорта, где требуется совершать движения быстро и эффективно, как, например, в прыжках в высоту или в беге на длинные дистанции. Массовые обследования выявили низкий процент жирового компонента у таких спортсменов как бегуны на длинные дистанции, прыгуны в высоту, гимнасты, спринтеры и другие, для которых избыток жира может оказаться помехой.

Хотя определенное количество жира и необходимо для поддержания оптимального уровня здоровья и нормального протекания физиологических процессов, все же его избыток в организме является, в лучшем случае, просто лишним багажом. Так, например, в проведенном исследовании было установлено, что для марафонца, имеющего массу тела 72 кг, чтобы улучшить результат в марафоне на 6 минут, необходимо похудеть на 5%, что эквивалентно потере 3,6 кг жира.

Однако, резкий сгон веса может привести к выраженному снижению спортивной работоспособности, особенно в видах, требующих выносливости. При этом уменьшается масса жирового компонента и заметно снижается мышечная масса. Следовательно, и в тех видах спорта, в которых ведущими двигательными качествами являются сила и анаэробная выносливость, быстрое снижение спортсменом массы своего тела может отрицательно отразиться на показателях спортивной работоспособности.

В то же время в спортивных упражнениях взрывного характера, в которых развиваемая спортсменом мощность направлена на перемещение его тела в пространстве, как, например, в прыжках в высоту, резкое снижение содержание воды в организме при дегидратации может оказать благоприятное влияние на спортивный результат.

Таким образом, спортивная биомеханика является достаточно многогранной наукой, охватывающей различные области тренировочной и соревновательной подготовки спортсмена.

Основы биомеханики были заложены еще в далекой древности. Архимед вывел свой закон о равновесии плавающих тел, Аристотель и Демокрит пытались объяснить органическую жизнь с точки зрения атомизма. Эти исследования относятся к III-IV векам до н.э.

Затем был длительный перерыв, характерный почти для всех наук. В XV веке Леонардо да Винчи описывает механику человеческого тела в движении. Немного позднее

Галилей закладывает основы механики, а Гарвей объясняет механизм кровообращения в организме животного и человека. Эти исследования стали источником идей сравнения живого организма с машинами, работающими по законам механики. В конце XVI века Гук формулирует закон механики о зависимости между деформацией и напряжением идеально-упругого тела, который лег в основу биомеханического объяснения работы мышц. В 1679 году века Джованни Борелли выпускает первую книгу по биомеханике «О движениях животных».

Открытие Ньютоном трех основных законов механики завершило формирование базиса для биомеханических исследований. Дальнейшее развитие биомеханики пошло по нескольким направлениям, среди которых, помимо спортивной биомеханики,

можно выделить:

- инженерная биомеханика, связанная с роботостроением;
- медицинская биомеханика, исследующая причины, последствия и способы профилактики травматизма, прочность опорно-двигательного аппарата, вопросы протезирования;
- эргономическая биомеханика, изучающая взаимодействие человека с окружающими предметами с целью их оптимизации.

В нескольких странах созданы научные институты биомеханики. Выпускается журнал “Biomechanics”, в котором публикуются последние исследования по этой науке.

Тема: 1.2. Методы исследования в биомеханике

Методы исследования в биомеханике

План:

1. Соматометрические: антропометрия, фотограмметрия, рентгенография.
2. Кинезиологические: оптические, потенциометрия, электроподография, тензометрия, ихнография.
3. Клинико-физиологические: калориметрия, электромиография, электроэнцефалография

В настоящее время биомеханика обладает значительным арсеналом методов исследования локомоторной функции, как в статике, так и в динамике, причем изучается не только внешняя картина движения, но и механизмы управления, жизнеобеспечение организма, что дает возможность выявить целый комплекс параметров, характеризующих двигательный образ. В это понятие включаются не только внешние (механические) проявления движения и реакций окружающей среды, но и условия организации управления движениями, согласованная деятельность всех органов и систем организма. Получаемая в результате биомеханических исследований информация служит основой для определения нормы, позволяет количественно определить степень нарушения локомоторной функции при различных патологических состояниях. Биомеханические исследования достаточно широко используются не только в клинической медицине (функциональная диагностика, ортопедия, травматология, протезирование), но и в спорте, и при разработке различных антропоморфных механизмов (роботы, манипуляторы), и при решении других прикладных задач. Методическая база биомеханических исследований постоянно совершенствуется, используя новейшие достижения науки.

Методы исследования, получившие наибольшее распространение в настоящее время, в клинической биомеханике могут быть классифицированы следующим образом:

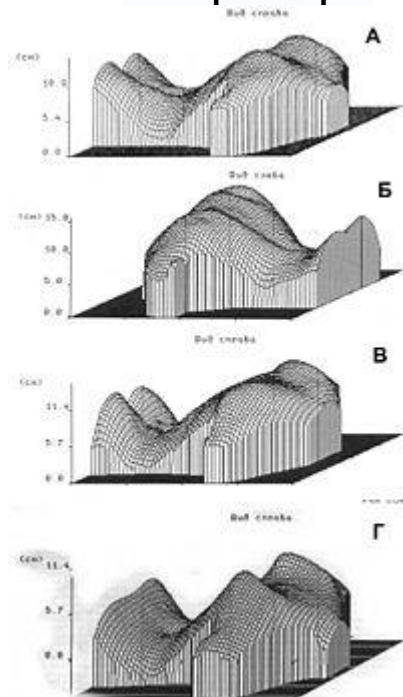
1. Соматометрические: антропометрия, фотограмметрия, рентгенография.
- II. Кинезиологические: оптические, потенциометрия, электроподография, тензометрия, ихнография.

III. Клинико-физиологические: калориметрия, электромиография, электроэнцефалография и другие методы функциональной диагностики.

1. Антропометрия

При клиническом и биомеханическом обследовании используются методы антропометрии с целью получения информации о половых и возрастных особенностях испытуемых об особенностях строения опорно-двигательного аппарата в норме и при патологии, важной информации об осанке. Обычно перед проведением специальных биомеханических исследований измеряют рост пациента стоя и сидя, длину конечностей, амплитуду движений в крупных суставах, определяют массу его тела. При помощи отвесов производят зарисовку диаграммы стояния — проекции на горизонтальную плоскость осей суставов нижних конечностей и таза. Это дает возможность составить представление об архитектонике нижних конечностей при удобном стоянии, определить величину разворота осей суставов в проекции на горизонтальную плоскость, угол разворота стоп, расстояние между внутренними поверхностями ног на различных уровнях и т. д.

2. Фотограмметрия

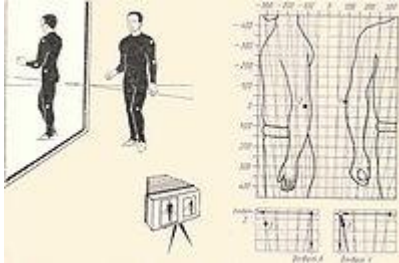


Поверхность спины при исследовании методом компьютерной топографии. А.- норма; Б.- кифосколиоз грудного отдела; В.- гиперлордоз поясничного отдела; Г.- выступающие крыловидные лопатки.

К антропометрическим методам сбора и анализа информации относится способ изучения схемы построения опорно-двигательного аппарата в виде так называемой фотограмметрии. Кратко техника фотограмметрии состоит в следующем: обследуемому предлагают принять естественную, наиболее привычную, удобную позу стояния. Перед ним устанавливают кадровую рамку с сантиметровыми делениями по горизонтальным и одной из вертикальных сторон. Через середину рамки натянута нить, служащая отвесом. Фотографируют и для графического анализа изготавливают фотоснимки, на которых измеряют расстояние в сантиметрах между передневерхними осями таза, наклон бедер по анатомическим осям относительно вертикали, расстояние между центрами коленных суставов, наклон голеней по анатомическим осям, угол физиологического вальгуса голеней, расстояние между центрами опоры стоп. Этот метод даст возможность

определить возрастные особенности схемы построения опорно-двигательного аппарата в норме и при различных патологических состояниях.

3. Метод оптической компьютерной топографии



Стереофототриграмметрия с мнимым базисом. Геометрическая модель стереофотографии. Координаты фиксированной точки: $X=90$, $Y=112$, $Z=-24$ мм.

Важную информацию о геометрии тела человека, об особенностях и нарушении осанки можно получить при исследовании специальным методом компьютерной топографии. Этот современный и самый точный метод позволяет количественно с высокой точностью определить координаты любой анатомической точки поверхности тела. Продолжительность обследования составляет 1 — 2 минуты, поэтому этот метод с успехом применяется для массовых исследований^[5].

8. Кинезиологические методы

Целенаправленные движения человека (локомоции) представляют собой устойчивый паттерн движения, характеризующийся определенными кинематическими, динамическими, временными и пространственными параметрами. Вся совокупность последних может рассматриваться как биомеханическое проявление двигательного образа, который складывается для каждого конкретного человека в период постнатального онтогенетического развития и претерпевает изменения в результате изменений на любом уровне двигательного анализатора в зависимости от возраста и условий функционирования жизнеобеспечивающих систем организма. Естественно, что регистрация кинезиологических параметров движения является необходимой для его характеристики, и при нарушениях функции опорно-двигательного аппарата, и при изучении локомоции спортсмена.

Наиболее достоверные сведения о движении могут быть получены с помощью оптических методов, которые обеспечивают комплексную регистрацию любого количества точек тела человека и внешней обстановки относительно пространственно-временной координатной сетки и дают информацию о кинематике исследуемых точек в форме, удобной для математического анализа. Координаты же, как известно, есть тот материал, из анализа которого может быть почерпнуто максимальное количество сведений о протекании снятого движения. Циклография (от цикл и графия), метод изучения движений человека путём последовательного фотографирования (до сотен раз в секунду) меток или лампочек, укрепленных на движущихся частях тела. Впервые фотографирование фаз движения было предложено в 80-х гг. 19 в. французским учёным Э. Мареем. Н. А. Бернштейн в 20-х гг. 20 века усовершенствовал и модифицировал он предложил кимоциклографию — съёмку на передвигающуюся плёнку. На основе анализа циклограмм — циклограмметрии — для ряда движений были получены данные о траектории отдельных точек тела, о скоростях и ускорениях движущихся частей тела, что дало возможность вычислить величины сил, обуславливающих данное движение. Эти сведения легли в основу современных представлений о принципах управления

движениями человека, использованы при изучении спортивных движений, двигательных нарушений и др. К циклографии. близок метод киносъемки движений с последующей обработкой кадров наподобие циклограмм.

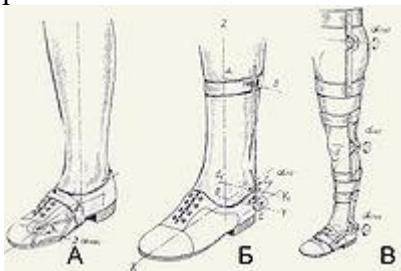
Наиболее простым и часто применяемым на практике видом киносъемки является фотограмметрия. Эта съемка представляет собой регистрацию движений человека и объектов окружающей среды в плоскости, перпендикулярной оптической оси аппарата. При этом аппарат устанавливается так, чтобы в его поле зрения находилось все, что будет подвергнуто изучению и последующему анализу. Полученные с помощью оптических методов регистрации экспериментальные данные подвергаются математической обработке. В качестве датчиков («светящихся точек») для получения кинематических характеристик движений конечностей применяют метки или электрические лампочки, которые укрепляют на исследуемых суставах. Снаряжение испытуемого почти невесомо, поэтому оно не вносит никаких изменений в структуру двигательного образа.

Конвергентная стереофотограмметрическая съемка и зеркальная циклограмметрия тождественны. Действительно, зеркальная циклограмметрическая съемка под углом α (угол между главной оптической осью киноаппарата и плоскостью зеркала — угол съемки) есть не что иное, как съемка двумя аппаратами, оптические оси которых конвергируют под углом α . Вычисление пространственных координат производится по формулам математической зависимости между пространственными координатами помещения (в случае, если съемка производится в камеральных условиях) и координатами перспективных изображений. Кроме аналитических методов, в настоящее время нашли широкое распространение различные номографические приемы, основанные на известных положениях синтетической геометрии.

Номограмма, с помощью которой осуществляется обработка изоинформации, представляет собой функциональную сетку и служит для получения реальных (действительных) координат любой фиксированной точки на сегменте или суставе конечности.

9. Электромеханические методы

В настоящее время в биомеханических исследованиях широкое распространение получили, наряду с оптическими, и электрические методы регистрации. Это можно объяснить в первую очередь тем, что информация, представленная в виде электрических сигналов, является удобной для обработки радио- и электронными приборами. Кроме того, большинство процессов, протекающих в живых организмах, сопровождается различными электрическими явлениями, что облегчает получение информации в виде электрических сигналов.



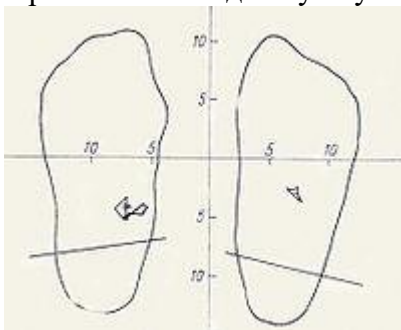
Кинематические схемы потенциометрических датчиков для измерения амплитуды движений в суставах нижних конечностей. А — в плюснефаланговом; Б — в подтаранном; В — в тазобедренном, коленном и голеностопном.

При использовании электрических методов регистрации неэлектрических величин (каковыми являются кинематические и динамические составляющие движения) в практике биомеханических исследований применяют измерение и регистрацию кинематических составляющих движения с помощью линейных потенциометрических датчиков 2 типов: с входной функцией в виде углового и линейного механического перемещения. Потенциометрические датчики преобразуют функцию

механического перемещения в аналоговый электрический сигнал, который затем регистрируется в соответствующем масштабе.

Исследование динамических составляющих движения осуществляют с помощью тензомерических методов. В качестве тензочувствительного элемента используют различные тензодатчики — датчики давления. Тензодатчики применяются для определения вертикальных составляющих реакции опоры при ходьбе (ихнография) или для регистрации стабิโลграмм.

Подогография — регистрация времени опоры отдельных участков стопы при ходьбе с целью изучения функции переката исследуется при помощи специальных датчиков, смонтированных в подошву обуви.



Стабิโลграмма попеременного стояния на правой и левой ноге.

Стабิโลграфия — объективный метод регистрации положения и проекции общего центра масс на плоскость опоры — важный параметр механизма поддержания вертикальной позы. Обычно регистрируют площадь миграции общего центра масс (ОЦМ) в проекции горизонтальной плоскости, совмещенный с очерком стопы.

10. Клинико-физиологические методы

Информация о функциональной анатомии опорно-двигательного аппарата человека и биомеханических параметрах движения не может достаточно полно охарактеризовать весь комплекс процессов, происходящих в организме в условиях двигательной активности. С целью изучения механизма управления движениями, их энергообеспеченности в биомеханических исследованиях применяются некоторые физиологические методы. Из обширного арсенала методов современной физиологии избираются те средства функциональной оценки жизнеобеспечивающих систем организма, которые в сочетании со специальными биомеханическими методами дают возможность глубже изучить процесс формирования двигательного навыка и реакции организма на реализацию движения. В связи с этим наиболее широко в клинико-биомеханических исследованиях используются различные варианты кардиографии, электроэнцефалография, электромиография, косвенная калориметрия и другие методы функциональной диагностики.

1. Калориметрия

Энергия, освобождаемая организмом в процессе жизнедеятельности, переходит непосредственно в работу механическую, электрическую, физико-химическую и т. д., при этом освобождается некоторое количество тепла. Все тепло, отдаваемое организмом, дает сумму энергетических превращений за определенный промежуток времени.

Количество выделяемого тепла может быть определено непосредственно в специальной калориметрической камере, в которую помещают испытуемого. Впервые такая камера была построена в 1880—1886 гг. на кафедре общей патологии Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова В. В. Пашутиным. Однако в настоящее время применяется более простой метод не прямой калориметрии, который состоит в исследовании легочного газообмена и последующем пересчете количества потребляемого кислорода в единицы тепловой энергии. Теоретические обоснования метода не прямой

калориметрии базируются на том, что вся энергия, освобождающаяся в процессе жизнедеятельности человека, есть результат распада (окисления) жиров, белков и углеводов. Экспериментально установлено среднее количество тепла, освобождающегося при окислении 1 г каждого из указанных веществ. Установлен и тепловой эквивалент кислорода при окислении этих веществ.

Энергетические траты здорового человека складываются из: 1) основного обмена, 2) прироста обмена вследствие специфически-динамического действия принятой пищи, 3) прироста обмена в результате мышечной работы.

Основной обмен составляет наименьшую интенсивность обмена веществ, которая необходима для обеспечения жизнеспособности. Энергетически он выражается в величинах теплопродукции в состоянии покоя. Основной обмен определяется не ранее, чем через 12—18 ч после приема пищи, в условиях полного мышечного и психического покоя, при температуре окружающего воздуха 18—20 °С.

Наиболее распространенным в настоящее время методом не прямой калориметрии является метод Дугласа — Холдена. Суть его заключается в том, что испытуемый дышит атмосферным воздухом, причем выдыхаемый воздух собирается в мешок из прорезиненной ткани емкостью 100—150 л. Количество выдыхаемого воздуха за данное время измеряется газовыми часами, а качественный состав исследуется в газоанализаторе Холдена.

2. Электромиография

Для изучения деятельности мышц в процессе выполнения двигательного акта используется электромиография. Ещё в 1884 г. Н. Е. Введенским описан опыт телефонического прослушивания потенциалов действия мышц человека, а в 1907 г. немецкий физиолог Н. Ріер впервые зарегистрировал их с помощью струнного гальванометра. Однако практическую значимость электромиографические исследования приобрели лишь с 30-х годов после создания специализированных усилителей биопотенциалов и концентрических игольчатых электродов, позволивших не только исследовать функцию двигательной единицы, но и расшифровать значение компонентов электромиограммы (ЭМГ), снятой накожными электродами.

Отведение электромиограммы в настоящее время осуществляется двумя способами: накожными и игольчатыми электродами, позволяющими избирательно регистрировать активность одной двигательной единицы. Применение накожного биполярного отведения с межэлектродным расстоянием 20—25 мм позволяет регистрировать суммарную активность многих двигательных единиц. Развитие электромиографии привело к появлению специальной области клинической электрофизиологии — клинической электромиографии, находящей широкое применение в нервной и хирургической клиниках, в ортопедии и протезировании, в клинической и спортивной биомеханике. В последние годы область применения метода электромиографии существенно расширилась за счёт использования биопотенциалов мышц в качестве показателя в системах адаптивного регулирования мышечного тонуса.

Тема 1.3. Биомеханика двигательного аппарата

План

1. Кинематика движений человека
2. Динамика движений человека
3. Звенья тела как рычаги и маятника
4. Механические свойства костей и суставов
5. Биомеханические свойства мышц
6. Механическая работа и энергия при движениях человека

2. Кинематика движений человека

Механика занимается рассмотрением простейшей формы движения материи – механической. Такое движение состоит в изменении взаимного расположения тел или их частей в пространстве с течением времени. При анализе необходимо исходить из ряда основных понятий. Рассмотрим их в отдельности.

Материальной точкой называется тело, размеры и форма которого несущественны в рассматриваемой задаче. Например, при изучении скорости прохождения дистанции марафонцем нет никакой необходимости рассматривать части тела спортсмена в отдельности, поскольку размеры атлета и расстояние, им пройденной, отличаются на четыре порядка величины.

Системой материальных точек или тел (механической системой) называется мысленно выделенная совокупность материальных точек или тел, которые в общем случае взаимодействуют как друг с другом, так и с телами, не включенными в состав этой системы. При определенных условиях биомеханика рассматривает тело спортсмена именно как систему материальных тел.

Классическая механика, т.е. механика, имеющая дело с телами, движущимися с малыми скоростями, в отличие от релятивистской или квантовой механики, рассматривающих движение тел с околосветовыми скоростями или движение элементарных частиц, состоит из трех основных отделов: статики, кинематики и динамики.

В статике исследуются законы сложения сил и условия равновесия твердых, жидких и газообразных тел. В кинематике изучается механическое движение тел вне связи с определяющим его взаимодействием между телами. В динамике рассматривается влияние взаимодействия между телами на их механическое движение.

Существенной характеристикой движения является перемещение точки. В зависимости от размерности пространства оно может одно-, двух- или трехмерным (или объемным). Траекторией называется линия, описываемая в пространстве движущейся точкой. Эта линия определяется поведением векторной величины – радиус-вектором – из некоторой точки отсчета.

Положение движущейся точки и некоторый фиксированный момент времени $t=t_0$ называется ее начальным положением. Длина пути точки определяется расстоянием между начальным положением и положением ее в некоторый момент времени t и является скалярной функцией $s=s(t)$.

Движение материальной точки характеризуется ее скоростью. В случае равномерного движения (т.е. когда точка за равные промежутки времени проходит равный путь) скорость определяется длиной пути, пройденного за все время движения. В общем случае, когда движение неравномерное и меняет свое направление, скорость определяется как векторная величина $\mathbf{v}$, равная первой производной от радиус-вектора $\mathbf{r}$ движущейся точки:

$$\mathbf{v} = \frac{d\mathbf{r}}{dt} = \dot{\mathbf{r}}.$$

Скорость направлена по касательной к траектории в сторону движения точки и численно равна первой производной от длины пути по времени:

$$v = \frac{ds}{dt} = \dot{s}.$$

Если точка движется в трехмерном пространстве, описываемом декартовой системой координат, то необходимо рассматривать по отдельности проекции вектора скорости на каждую из осей (x , y , z). В этом случае

$$v_x = \dot{x}, \quad v_y = \dot{y}, \quad v_z = \dot{z} \quad \text{или} \quad v = \sqrt{\dot{x}^2 + \dot{y}^2 + \dot{z}^2}.$$

Быстрота изменения скорости при неравномерном движении характеризуется

ускорением a , которое определяется по формуле

$$a = \frac{dv}{dt} = \dot{v}.$$



Вектор ускорения проходит через главную нормаль и касательную к траектории и направлен в сторону вогнутости траектории. Для трехмерного движения как и в случае со скоростью необходимо работать с каждой из координат.

Движение точки называется ускоренным, если численное значение ее скорости возрастает с течением времени и ускорение имеет положительное значение. Движение точки называется замедленным, если численное значение ее скорости убывает с течением времени и ускорение имеет отрицательное значение.

Если во время движения тела взаимное расположение материальных точек, составляющих его, не меняется, оно не деформируется (не меняет форму и объем) и называется абсолютно твердым телом. Для такого тела характерны следующие виды движения:

- поступательное, когда все точки имеют одинаковые траектории перемещения;
- вращательное, когда движение происходит вокруг оси вращения;
- сложное, когда движение состоит из двух и более простых движений; например, тело может совершать вращательное движение, а ось вращения может двигаться тем временем поступательно.

Для поступательного движения абсолютно твердого тела справедливы законы, приведенные выше. Вращательное движение разбивается на линейную и угловую составляющие.

Угловой скоростью вращения твердого тела называется вектор w , численно равный первой производной от угла поворота по времени,

$$w = \frac{d\varphi}{dt} = \dot{\varphi}.$$

Направление вектора w совпадает с направлением поступательного движения рукоятки буравчика.

Линейная скорость v произвольной точки вращающегося тела определяется по формуле Эйлера

$$v = [wR], \text{ или } v = wR \text{ в скалярном виде,}$$

где R – расстояние от оси вращения до точки.

Применительно к спортивной биомеханике законы кинематики действуют в полном объеме. В этом случае мы, как правило, сталкиваемся со сложным движением, связанным с тем, что тело спортсмена представляет собой сложный механизм. При рассмотрении кинематики встречается и сложное движение в суставах при выполнении того или иного упражнения, и переменное движение при беге, когда спортсмен рассматривается как материальная точка.

3. Динамика движений человека

Как мы узнали на прошлой лекции, динамика рассматривает влияние взаимодействия между телами на их механическое движение. При этом надо различать:

- динамику поступательного движения, или динамику материальной точки, и
- динамику вращательного движения, или динамику твердого тела.

Силой называется некоторая физическая величина, выражающая взаимодействие между рассматриваемым телом и другими телами или полями. Поэтому все силы можно разделить на две основных категории: силы, проявляющиеся при непосредственном взаимодействии тел, и силы, которые действуют без непосредственного контакта. Ко

второй категории относятся силы от полей: гравитационного, электромагнитного и других.

Ускорение тела пропорционально силе, действующей на тело: $F \sim a$. Тогда отношение величины силы, действующей на тело, к приобретенному телом ускорению, постоянно для данного тела и называется массой тела: $\text{масса} = \text{сила} / \text{ускорение}$.

Масса тела является неизменной характеристикой данного тела, не зависящей от его местоположения. Масса характеризует два свойства тела:

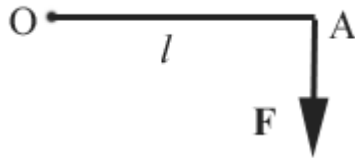
- Инерцию: тело изменяет состояние своего движения только под воздействием внешней силы.
- Тяготение: между телами действуют силы гравитационного притяжения.

Не путать массу тела (мера инертности) с весом тела (силой с которой оно давит на опору). Простой пример – поведение тел в невесомости. Тогда тела не имеют веса (невесомость), но наличие массы не отменяет выполнения законов Ньютона.

Масса характеризует инертность тела при поступательном движении. При вращении инертность зависит не только от массы, но и от того, как распределена эта масса относительно оси вращения. Чем больше расстояние до оси вращения, тем больше вклад в инертность тела. Количественной мерой инертности тела при вращательном движении служит момент инерции:

$$J = m R_{\text{ин}}^2,$$

где $R_{\text{ин}}$ – радиус инерции – среднее расстояние от оси вращения (например, от оси сустава) до материальных точек тела.



Сила, приложенная к твердому телу, которое может вращаться вокруг некоторой точки, создает момент силы. Момент силы M равен векторному произведению радиус-вектора r на силу F :

$$M = r \times F = rF \sin(\angle r; F).$$

Если на тело, которое может вращаться вокруг какой-либо точки, действуют одновременно несколько сил, то для сложения моментов этих сил следует воспользоваться правилом сложения моментов.

Другой физической величиной, связывающей движение тела с его инертностью, является импульс тела – произведение массы тела на его скорость $p = mv$. Для импульса справедлив закон сохранения, т.е. полный импульс замкнутой системы остается постоянным. Полный импульс такой системы представляет векторную сумму всех импульсов.

Для твердого тела вследствие вращения вокруг некоторой оси появляется момент количества движения (угловой момент, момент импульса) – произведение момента инерции тела на его угловую скорость: $L = J \omega$. Изменение углового момента (при неизменном моменте инерции тела) может произойти только вследствие изменения угловой скорости и всегда обусловлено действием момента силы.

Центром масс называется точка, где пересекаются линии действия всех сил, не вызывающих вращение тела. В поле тяготения центр масс совпадает с центром тяжести. Положение общего центра масс тела определяется тем, где находятся центры масс отдельных звеньев. Для человека это зависит от его позы, т.е. пространственного положения элементов тела.

В человеческом теле около 70 звеньев, но для биомеханического моделирования чаще всего достаточно 15-звенной модели человеческого тела (например, голова, бедро, стопа, кисть и т.д.). Зная, каковы массы и моменты инерции звеньев тела и где расположены их центры масс, можно решить многие задачи биомеханики, в том числе:

- определить импульс тела;
- определить момент количества движения, при этом надо учитывать, что величины моментов относительно разных осей неодинаковы;
- оценить, легко или трудно управлять скоростью тела или отдельного звена;

- определить степень устойчивости тела и т.д.

Простой пример применения этой теории. Фигурист может заставить себя вращаться быстрее, обнимая себя руками, или медленнее, расставляя руки в стороны. Во втором случае масса тела остается постоянной, но увеличивается радиус инерции и, следовательно, момент инерции и общая инертность тела.

4. Звенья тела как рычаги и маятники

Разбиение тела человека на звенья позволяет представить эти звенья как механические рычаги и маятники, потому что все эти звенья имеют точки соединения, которые можно рассматривать либо как точки опоры (для рычага), либо как точки отвеса (для маятника).

Рычаг характеризуется расстоянием между точкой приложения силы и точкой вращения. Рычаги бывают первого и второго рода.

Рычаг первого рода или рычаг равновесия состоит только из одного звена. Пример – крепление черепа к позвоночнику.

Рычаг второго рода характеризуется наличием двух звеньев. Условно можно выделить рычаг скорости и рычаг силы в зависимости от того, что преобладает в их действиях. Рычаг скорости дает выигрыш в скорости при совершенствовании работы. Пример – локтевой сустав с грузом на ладони. Рычаг силы дает выигрыш в силе. Пример – стопа на пальцах.

Поскольку тело человека выполняет свои движения в трехмерном пространстве, то его звенья характеризуются степенями свободы, т.е. возможностью совершать поступательные и вращательные движения во всех измерениях. Если звено закреплено в одной точке, то оно способно совершать вращательные движения, и мы можем сказать, что оно имеет три степени свободы.

Закрепление звена приводит к образованию связи, т.е. связанному движению закрепленного звена с точкой закрепления.

Поскольку руки и ноги человека могут совершать колебательные движения, то к механике их движения применимы те же формулы, что и для простых механических маятников. Основным выводом из них – собственная частота колебаний не зависит от массы качающегося тела, но зависит от его длины (при увеличении длины частота колебаний уменьшается).

Делая частоту шагов при ходьбе или беге или гребков при плавании или гребле резонансной (т.е. близкой к собственной частоте колебаний руки или ноги), удастся минимизировать затраты энергии. При наиболее экономичном сочетании частоты и длины шагов или гребков человек демонстрирует существенный рост работоспособности. Простой пример: при беге высокий спортсмен имеет большую длину шага и меньшую частоту шагов, чем более низкорослый спортсмен, при равной с ним скорости передвижения.

5. Механические свойства костей и суставов

Механические свойства костей определяются их разнообразными функциями; кроме двигательной, они выполняют защитную и опорную функции. Так кости черепа и грудной клетки защищают внутренние органы, а кости позвоночника и конечностей выполняют опорную функцию.

Выделяют 4 вида механического воздействия на кость: растяжение, сжатие, изгиб и кручение.

Установлено, что прочность кости на растяжение почти равна прочности чугуна. При сжатии прочность костей еще выше. Самая массивная кость – большеберцовая (основная кость бедра) выдерживает силу сжатия в 16-18 кН.

Менее прочны кости на изгиб и кручение. Однако регулярные тренировки приводят к гипертрофии костей. Так, у штангистов утолщаются кости ног и позвоночника, у теннисистов – кости предплечья и т.п.

Механические свойства суставов зависят от их строения. Суставная поверхность смачивается синовиальной жидкостью, которую хранит суставная сумка. Синовиальная жидкость обеспечивает уменьшение трения в суставе примерно в 20 раз. При этом при снижении нагрузки на сустав жидкость поглощается губчатыми образованиями сустава, а при увеличении нагрузки она выжимается для смачивания поверхности сустава и уменьшения коэффициента трения.

Прочность суставов, как и прочность костей, небеспределельна. Так, давление в суставном хряще не должно превышать 350 Н/см^2 . При более высоком давлении прекращается смазка суставного хряща и увеличивается опасность его механического стирания.

6. Биомеханические свойства мышц

Двигательная деятельность человека происходит при помощи мышечной ткани, обладающей сократительными структурами. Работа мышц осуществляется благодаря сокращению (укорачиванию с утолщением) миофибрилл, которые находятся в мышечных клетках. Работа мышц осуществляется посредством их присоединения к скелету при помощи сухожилий.

К биомеханическим свойствам мышц относят сократимость, упругость, жесткость, прочность и релаксацию.

Сократимость – это способность мышцы сокращаться при возбуждении. В результате сокращения происходит укорочение мышцы и возникает сила тяги.

Упругость мышцы состоит в ее способности восстанавливать первоначальную длину после устранения деформирующей силы. Существование упругих свойств объясняется тем, что при растяжении в мышце возникает энергия упругой деформации. При этом мышцу можно сравнить с пружиной: чем сильнее растянута пружина, тем большая энергия в ней запасена. Это явление широко используется в спорте. Например, в хлесте предварительно растягиваются и параллельный, и последовательный упругий компонент мышц, чем накапливается энергия. Запасенная таким образом энергия в финальной части движения (толкания, метания и т.д.) преобразуется в энергию движения (кинетическую энергию).

Аналогия мышцы с пружиной позволяет применить к ее работе закон Гука, согласно которому удлинение пружины нелинейно зависит от величины растягивающей силы. Кривую поведения мышцы в этом случае называют «сила-длина». Зависимость между силой и скоростью мышечного сокращения («сила-скорость») называют кривой Хилла.

Жесткость – это способность противодействовать прикладываемым силам. Коэффициент жесткости определяется как отношение приращения восстанавливающей силы к приращению длины мышцы под действием внешней силы: $K_{\text{ж}} = \Delta F / \Delta l$ (Н/м).

Величина, обратная жесткости, называется податливостью мышцы. Коэффициент податливости: $K_{\text{п}} = \Delta l / \Delta F$ (м/Н) – показывает, насколько удлинится мышца при изменении внешней силы. Например, податливость сгибателя предплечья близка к 1 мм/Н .

Прочность мышцы оценивается величиной растягивающей силы, при которой происходит разрыв мышцы. Сила, при которой происходит разрыв мышцы составляет от 0.1 до 0.3 Н/мм^2 . Предел прочности сухожилий на два порядка величины больше и составляет 50 Н/мм^2 . Однако, при очень быстрых движениях возможен разрыв более прочного сухожилия, а мышца остается целой, успев с амортизировать.

Релаксация – свойство мышца, проявляющееся в постепенном уменьшении силы тяги при постоянной длине мышцы. Релаксация проявляется, например, при прыжке вверх, если во время глубокого приседа спортсмен делает паузу. Чем пауза длительнее,

тем сила отталкивания и высота выпрыгивания меньше.

Существует два вида группового взаимодействия мышц: синергизм и антагонизм.

Мышцы-синергисты перемещают звенья тела в одном направлении. Например, при сгибании руки в локтевом суставе участвуют двуглавая мышца плеча, плечевая и плечелучевая мышцы и т.д. Результатом синергического взаимодействия мышц служит увеличение результирующей силы действия. При наличии травмы, а также при локальном утомлении какой-либо мышцы ее синергисты обеспечивают выполнение двигательного действия.

Мышцы-антагонисты имеют, наоборот, разнонаправленное действие. Так, если одна из них выполняет преодолевающую работу, то другая – уступающую. Существованием мышц-антагонистов обеспечивается:

7. высокая точность двигательных действий;
8. снижение травматизма.

6. Механическая работа и энергия при движениях человека

Если на частицу подействовать силой F и переместить ее на расстояние s , то сила совершит работу $A = Fs = F s \cos(F;s)$ (угол $(F;s)$ между направлением силы и перемещения рассматривается тогда, когда эти вектора не совпадают по направлению). Единицей измерения работы является Джоуль (в системе СИ) или киловатт-час.

Мощностью называется работа, совершаемая за единицу времени, или $W = A/t = Fv$. По последней формуле можно определить мощность коротких интенсивных движений (ударов по мячу, боксерских ударов и других ударных действий), когда механическую работу определить трудно, но можно измерить силу и скорость. Единица измерения мощности – ватт (Дж/с) (СИ) или лошадиная сила.

Если материальная точка находится в поле (гравитационном, электромагнитном), на нее действует сила F от этого поля, имеющая возможность совершать определенную работу. Этот запас работы, предопределяемый положением точки в поле, является ее потенциальной энергией. Принято считать, что если силы, действующие на материальную точку, совершают положительную работу, то ее потенциальная энергия убывает.

При рассмотрении деформируемого тела часто используют понятие «внутренней потенциальной энергии», которая равна работе деформации, взятой с обратным знаком.

Любое движущееся с поступательной скоростью v тело массой m обладает кинетической энергией, равной $E_k = (1/2) mv^2$.

Аналогичную формулу можно записать для вращающегося с угловой скоростью w твердого тела с центром инерции J : $E_k^{BP} = (1/2) J w^2$.

Полная энергия движущегося тела равна сумме его потенциальной энергии и кинетической энергии в поступательном и вращательном движениях:

$$E = mgh + \frac{mv^2}{2} + \frac{Jw^2}{2}$$

Если мы рассматриваем замкнутую систему, т.е. систему, а которую не оказывают влияние внешние силы, то для такой системы справедливо первое начало термодинамики: энергия в заданной замкнутой механической системе сохраняется. Иначе – это закон сохранения энергии.

Если на систему действуют внешние силы и она переходит из одного состояния в другое, то изменение полной механической энергии при этом переходе равно работе внешних сил. В деформируемых телах полная энергия равна сумме внутренней и кинетической энергий.

Переход одного вида механической энергии в другой называется рекуперацией механической энергии. Простой пример – вращение гимнаста на перекладине, когда вращательная кинетическая энергия переходит целиком в потенциальную в верхней точке и наоборот – в нижней.

Оценка энергетических показателей деятельности спортсмена осуществляется с использованием различного рода датчиков и тестов. С их помощью можно оценить физическое состояние спортсмена и уровень его потенциальных возможностей.

Тема 1.4. Биомеханические аспекты управления движениями человека

План

1. Геометрия массы тела человека
2. Звенья тела как рычаги и маятники
3. Механические свойства костей и суставов
4. Биомеханические свойства мышц
5. Режимы сокращения и разновидности работы мышц
6. Групповое взаимодействие мышц
7. Мощность и эффективность мышечного сокращения

1. Геометрия масс тела человека

Геометрией масс называется распределение масс между звеньями тела и внутри звеньев. Геометрия масс количественно описывается масс-инерционными характеристиками. Важнейшие из них — масса, радиус инерции, момент инерции и координаты центра масс.

Масса (m) — это количество вещества (в килограммах), содержащееся в теле или отдельном звене.

Вместе с тем масса — это количественная мера инертности тела по отношению к действующей на него силе. Чем больше масса, тем инертнее тело и тем труднее вывести его из состояния покоя или изменить его движение.

Массой определяются гравитационные свойства тела. Вес тела (в Ньютонах)

$$P = m \cdot g, \text{ где } g = 9,8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \text{ — ускорение свободнопадающего тела.}$$

Масса характеризует инертность тела при поступательном движении. При вращении инертность зависит не только от массы, но и от того, как она распределена относительно оси вращения. Чем больше расстояние от звена до оси вращения, тем больше вклад этого звена в инертность тела. Количественной мерой инертности тела при вращательном движении служит момент инерции:

$$J = mR_{ин}^2,$$

где $R_{ин}$ — радиус инерции — среднее расстояние от оси вращения (например, от оси сустава) до материальных точек тела.

Центром масс называется точка, где пересекаются линии действия всех сил, приводящих тело к поступательному движению и не вызывающих вращения тела. В поле гравитации (когда действует сила тяжести) центр масс совпадает с центром тяжести. Центр тяжести — точка, к которой приложена равнодействующая сил тяжести всех частей тела. Положение общего центра масс тела определяется тем, где находятся центры масс отдельных звеньев. А это зависит от позы, т. е. от того, как части тела расположены друг относительно друга в пространстве.

В человеческом теле около 70 звеньев. Но столь подробного описания геометрии масс чаще всего и не требуется. Для решения большинства практических задач достаточно 15-звенной модели человеческого тела (рис. 7). Понятно, что в 15-звенной модели

некоторые звенья состоят из нескольких элементарных звеньев. Поэтому такие укрупненные звенья правильнее называть сегментами.

Цифры на рис. 7 верны для “среднего человека”, они получены путем усреднения результатов исследования многих людей. Индивидуальные особенности человека, и в первую очередь масса и длина тела, влияют на геометрию масс.

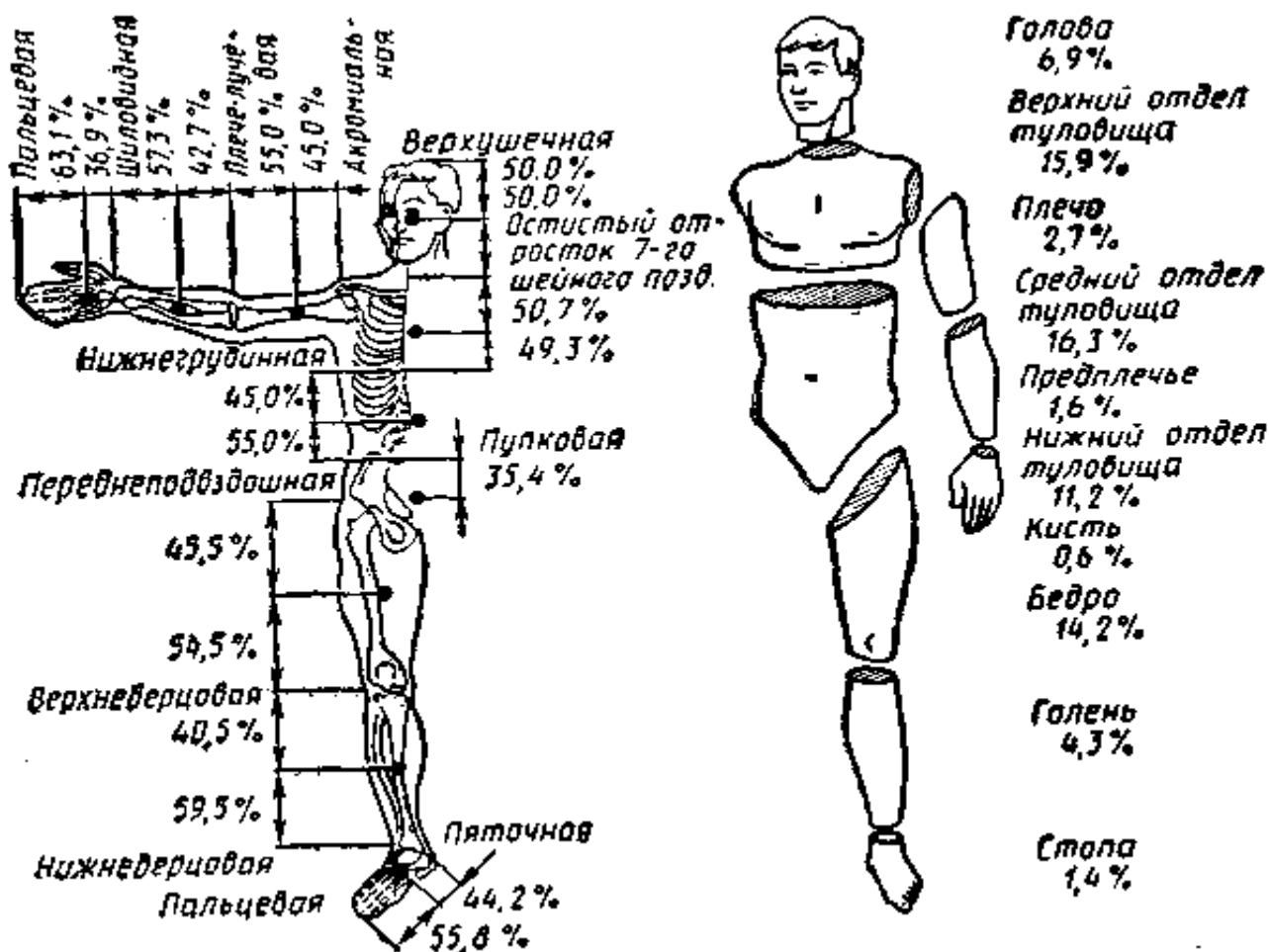


Рис. 7. 15 — звенная модель человеческого тела: справа — способ деления тела на сегменты и масса каждого сегмента (в % к массе тела); слева — места расположения центров масс сегментов (в % к длине сегмента) — см. табл. 1 (по В. М. Зацюрскому, А. С. Аруину, В. Н. Селуянову)

В. Н. Селуянов установил, что массы сегментов тела можно определить с помощью следующего уравнения:

$$m_x = B_0 + B_1 m + B_2 H,$$

где m_x — масса одного из сегментов тела (кг), например, стопы, голени, бедра и т. д.; m — масса всего тела (кг); H — длина тела (см); B_0 , B_1 , B_2 — коэффициенты регрессионного уравнения, они различны для разных сегментов (табл. 1).

Примечание. Величины коэффициентов округлены и верны для взрослого мужчины.

Для того чтобы уяснить, как пользоваться таблицей 1 и другими подобными таблицами, вычислим, например, массу кисти человека, у которого масса тела равна 60 кг, а длина тела 170 см.

Таблица 1
Коэффициенты уравнения для вычисления массы сегментов тела по массе (т) и длине (Я) тела

Сегменты	Коэффициенты уравнения		
	B ₀	B ₁	B ₂
Стопа	- 0,83	0,008	0,007
Голень	- 1,59	0,036	0,012
Бедро	- 2,65	0,146	0,014
Кисть	- 0,12	0,004	0,002
Предплечье	0,32	0,014	- 0,001
Плечо	0,25	0,030	- 0,003
Голова	1,30	0,017	0,014
Верхняя часть туловища	8,21	0,186	- 0,058
Средняя часть туловища	7,18	0,223	- 0,066
Нижняя часть туловища	- 7,50	0,098	0,049

Масса кисти = $- 0,12 + 0,004 \times 60 + 0,002 \times 170 = 0,46$ кг. Зная, каковы массы и моменты инерции звеньев тела и где расположены их центры масс, можно решить много важных практических задач. В том числе:

- определить количество движения, равное произведению массы тела на его линейную скорость ($m \cdot v$);
- определить кинетический момент, равный произведению момента инерции тела на угловую скорость (J_w); при этом нужно учитывать, что величины момента инерции относительно разных осей неодинаковы;
- оценить, легко или трудно управлять скоростью тела или отдельного звена;
- определить степень устойчивости тела и т. д.

Из этой формулы видно, что при вращательном движении относительно той же оси инертность человеческого тела зависит не только от массы, но и от позы. Приведем пример.

На рис. 8 изображена фигуристка, выполняющая вращение. На рис. 8, А спортсменка вращается быстро и делает около 10 оборотов в секунду. В позе, изображенной на рис. 8, Б, вращение резко замедляется и затем прекращается. Это происходит потому, что, отводя руки в стороны, фигуристка делает свое тело инертнее: хотя масса (m) остается той же, увеличивается радиус инерции ($R_{ин}$) и, следовательно, момент инерции.

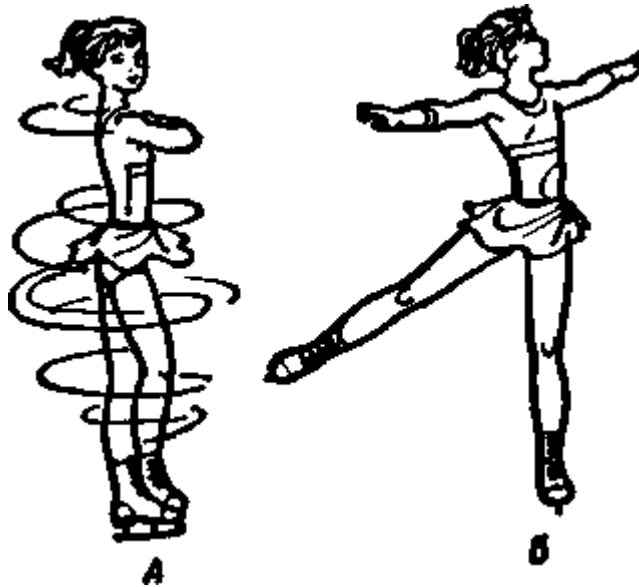


Рис. 8. Замедление вращения при изменении позы: А — меньшая; Б — большая величина радиуса инерции и момента инерции, который пропорционален квадрату радиуса инерции ($I = mR_{ин}^2$)

Еще одной иллюстрацией сказанному может быть шуточная задача: что тяжелее (точнее, инертнее) — килограмм железа или килограмм ваты? При поступательном движении их инертность одинакова. При круговом движении труднее перемещать вату. Ее материальные точки дальше отстоят от оси вращения, и поэтому момент инерции значительно больше.

2. Звенья тела как рычаги и маятники

Биомеханические звенья представляют собой своеобразные рычаги и маятники.

Как известно, рычаги бывают первого рода (когда силы приложены по разные стороны от точки опоры) и второго рода. Пример рычага второго рода представлен на рис. 9, А: гравитационная сила (F_1) и противодействующая ей сила мышечной тяги (F_2) приложены по одну сторону от точки опоры, находящейся в данном случае в локтевом суставе. Подобных рычагов в теле человека большинство. Но есть и рычаги первого рода, например голова (рис. 9, Б) и таз в основной стойке.

Задание: найдите рычаг первого рода на рис. 9, А.

Рычаг находится в равновесии, если равны моменты противодействующих сил (см. рис. 9, А):

$$F_2 l_2 \cos \alpha = F_1 l_1,$$

F_2 — сила тяги двуглавой мышцы плеча; l_2 — короткое плечо рычага, равное расстоянию от места прикрепления сухожилия до оси вращения; α — угол между направлением действия силы и перпендикуляром к продольной оси предплечья.

Рычажное устройство двигательного аппарата дает человеку возможность выполнять дальние броски, сильные удары и т. п. Но ничто на свете даром не дается. Мы выигрываем в скорости и мощности движения ценой увеличения силы мышечного сокращения. Например, для того чтобы, сгибая руку в локтевом суставе, перемещать груз массой 1 кг (т. е. с силой тяжести 10 Н) так, как показано на рис. 9, Л, двуглавая мышца плеча должна развить силу 100 — 200 Н.

“Обмен” силы на скорость тем более выражен, чем больше соотношение плеч рычага. Проиллюстрируем это важное положение примером из гребли (рис. 10). Все точки весла-тела, движущегося вокруг оси, имеют одну и ту же угловую скорость

$$\omega = \frac{\Delta \varphi}{\Delta t}.$$

Но их линейные скорости неодинаковы. Линейная скорость (v) тем выше, чем больше радиус вращения (r):

$$v = \omega \cdot r.$$

Следовательно, для увеличения скорости нужно увеличивать радиус вращения. Но тогда придется во столько же раз увеличить и силу, прикладываемую к веслу. Именно поэтому длинным веслом труднее грести, чем коротким, бросить тяжелый предмет на дальнюю дистанцию труднее, чем на близкую, и т. д. Об этом знал еще Архимед, руководивший обороной Сиракуз от римлян и изобретавший рычажные приспособления для метания камней.

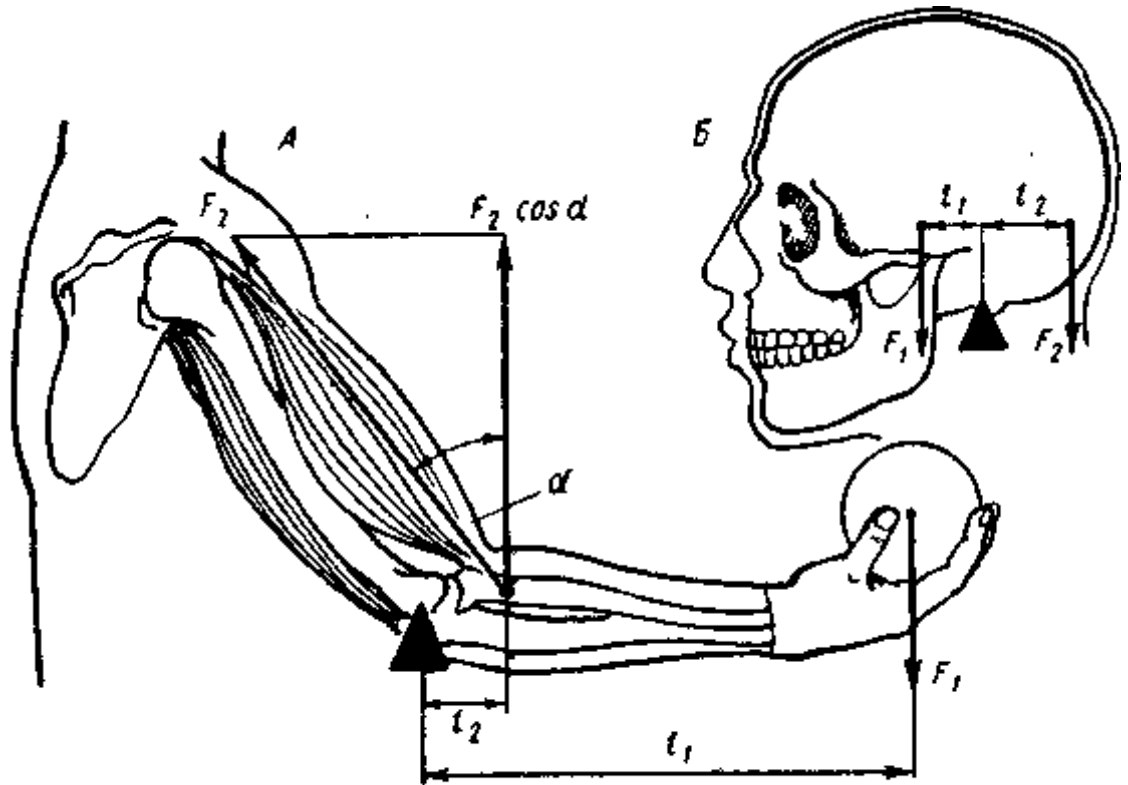


Рис. 9. Примеры рычагов тела человека:
А — предплечье-рычаг второго рода; Б — голова-рычаг первого рода

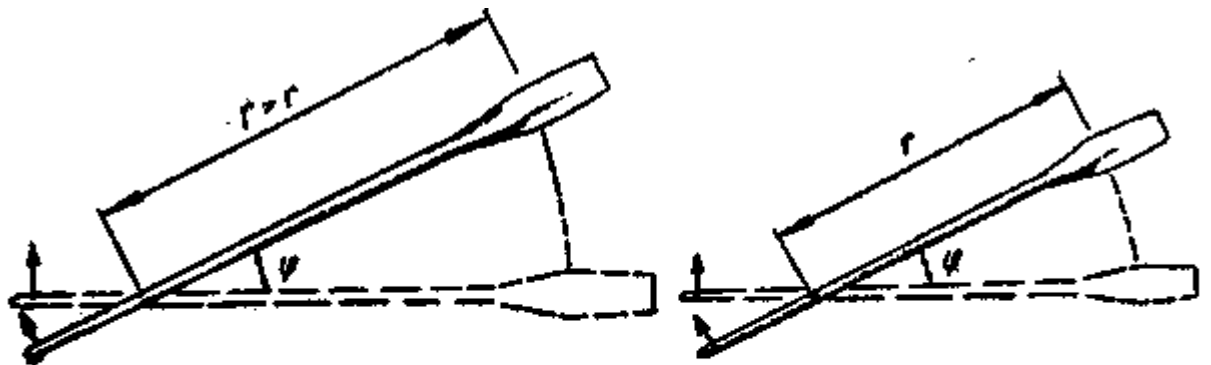


Рис. 10. При одинаковом угловом перемещении (ϕ) и угловой скорости $\omega = \frac{\Delta\phi}{\Delta t}$ траектория (показана пунктиром) тем длиннее, прикладываемая к веслу сила (показана стрелками) тем больше и линейная скорость $V = \omega r$ тем выше, чем больше радиус вращения (r)

Руки и ноги человека могут совершать колебательные движения. Это делает наши конечности похожими на маятники. Наименьшие затраты энергии на перемещение конечностей имеют место, когда частота движений на 20 — 30% больше частоты собственных колебаний руки или ноги:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{l}},$$

где ($g=9,8 \text{ м/с}^2$; l — длина маятника, равная расстоянию от точки подвеса до центра масс руки или ноги).

Эти 20 — 30% объясняются тем, что нога не является однозвенным цилиндром, а состоит из трех сегментов (бедра, голени и стопы). Обратите внимание: собственная частота колебаний не зависит от массы качающегося тела, но уменьшается при увеличении длины маятника.

Делая частоту шагов или гребков при ходьбе, беге, плавании и т. п. резонансной (т. е. близкой к собственной частоте колебаний руки или ноги), удастся минимизировать затраты энергии.

Замечено, что при наиболее экономичном сочетании частоты и длины шагов или гребков человек демонстрирует существенно повышенную физическую работоспособность. Это полезно учитывать не только при тренировке спортсменов, но и при проведении физкультурных занятий в школах и группах здоровья.

Любознательный читатель может спросить: чем объясняется высокая экономичность движений, выполняемых с резонансной частотой? Это происходит потому, что колебательные движения верхних и нижних конечностей сопровождаются рекуперацией механической энергии (от лат. *recuperatio* — получение вновь или повторное использование). Простейшая форма рекуперации — переход потенциальной энергии в кинетическую, затем снова в потенциальную и т. д. (рис. 11). При резонансной частоте движений такие преобразования осуществляются с минимальными потерями энергии. Это означает, что метаболическая энергия, однажды созданная в мышечных клетках и перешедшая в форму механической энергии, используется многократно — и в этом цикле движений, и в последующих. А если так, то потребность в притоке метаболической энергии уменьшается.

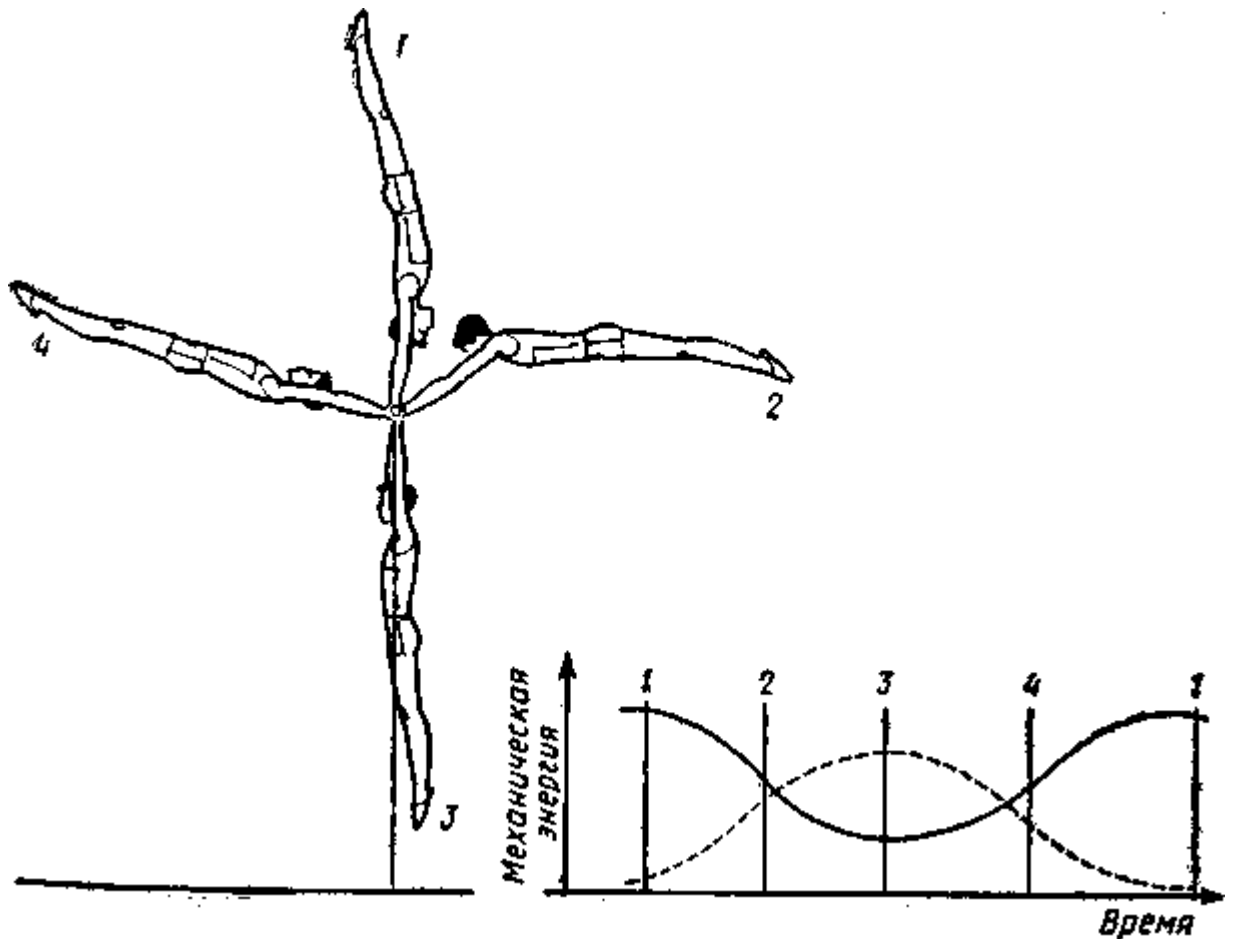


Рис. 11. Один из вариантов рекуперации энергии при циклических движениях: потенциальная энергия тела (сплошная линия) переходит в кинетическую (пунктир), которая вновь преобразуется в потенциальную и способствует переходу тела гимнаста в верхнее положение; цифры на графике соответствуют пронумерованным позам спортсмена

Благодаря рекуперации энергии выполнение циклических движений с темпом, близким к резонансной частоте колебаний конечностей — эффективный способ сохранения и накопления энергии. Резонансные колебания способствуют концентрации энергии, и в мире неживой природы они иногда небезопасны. Например, известны случаи разрушения моста, когда по нему шло воинское подразделение, четко отбивая шаг. Поэтому по мосту положено идти не в ногу.

3. Механическое свойство костей и суставов

Механические свойства костей определяются их разнообразными функциями; кроме двигательной, они выполняют защитную и опорную функции.

Кости черепа, грудной клетки и таза защищают внутренние органы. Опорную функцию костей выполняют кости конечностей и позвоночника.

Кости ног и рук продолговатые и трубчатые. Трубчатое строение костей обеспечивает противодействие значительным нагрузкам и вместе с тем в 2 — 2,5 раза снижает их массу и значительно уменьшает моменты инерции.

Различают четыре вида механического воздействия на кость: растяжение, сжатие, изгиб и кручение.

При растягивающей продольной силе кость выдерживает напряжение 150 Н/мм^2 . Это в 30 раз больше, чем давление, разрушающее кирпич. Установлено, что прочность кости на растяжение выше, чем у дуба, и почти равна прочности чугуна.

При сжатии прочность костей еще выше. Так, самая массивная кость — большеберцовая выдерживает вес 27 человек. Предельная сила сжатия составляет 16000 — 18000 Н.

При изгибе кости человека также выдерживают значительные нагрузки. Например, силы 12000 Н (1,2 т) недостаточно, чтобы сломать бедренную кость. Подобный вид деформации широко встречается и в повседневной жизни, и в спортивной практике. Например, сегменты верхней конечности деформируются на изгиб при удержании положения “крест” в висе на кольцах.

При движениях кости не только растягиваются, сжимаются и изгибаются, но также и скручиваются. Например, при ходьбе человека моменты скручивающих сил могут достичь 15 Нм. Эта величина в несколько раз меньше предела прочности костей. Действительно, для разрушения, например, большеберцовой кости момент скручивающей силы должен достичь 30 — 140 Нм (Сведения о величинах сил и моментов сил, приводящих к деформации костей, приблизительны, а цифры, по-видимому, занижены, поскольку получены преимущественно на трупном материале. Но и они свидетельствуют о многократном запасе прочности человеческого скелета. В некоторых странах практикуется прижизненное определение прочности костей. Такие исследования хорошо оплачиваются, но приводят к увечьям или гибели испытуемых и потому антигуманны).

Таблица 2

Величины силы, действующей на головку бедренной кости
(по Х. А. Янсону, 1975 г., переработано)

Вид двигательной деятельности	Величина силы (по Вид двигательной деятельности отношению к силе тяжести тела)
Сидение	0,08
Стояние на двух ногах	0,25
Стояние на одной ноге	2,00
Ходьба по ровной поверхности	1,66
Подъем и спуск по наклонной поверхности	2,08
Быстрая ходьба	3,58

Особенно велики допустимые механические нагрузки у спортсменов, потому что регулярные тренировки приводят к рабочей гипертрофии костей. Известно, что у штангистов утолщаются кости ног и позвоночника, у футболистов — внешняя часть кости плюсны, у теннисистов — кости предплечья и т. д.

Механические свойства суставов зависят от их строения. Суставная поверхность смачивается синовиальной жидкостью, которую, как в капсуле, хранит суставная сумка. Синовиальная жидкость обеспечивает уменьшение коэффициента трения в суставе примерно в 20 раз. Поразителен характер действия “выжимающейся” смазки, которая при снижении нагрузки на сустав поглощается губчатыми образованиями сустава, а при увеличении нагрузки выжимается для смачивания поверхности сустава и уменьшения

коэффициента трения.

Действительно, величины сил, действующих на суставные поверхности, огромны и зависят от вида деятельности и ее интенсивности (табл. 2).

Примечание. Еще выше силы, действующие на коленный сустав; при массе тела 90 кг они достигают: при ходьбе 7000 Н, при беге 20000 Н.

Прочность суставов, как и прочность костей, не беспредельна. Так, давление в суставном хряще не должно превышать 350 Н/см². При более высоком давлении прекращается смазка суставного хряща и увеличивается опасность его механического стирания. Это нужно учитывать в особенности при проведении туристических походов (когда человек несет тяжелый груз) и при организации оздоровительных занятий с людьми среднего и пожилого возраста. Ведь известно, что с возрастом смазывание суставной сумки становится менее обильным.

4. Биомеханические свойства мышц

К ним относятся сократимость, а также упругость, жесткость, прочность и релаксация.

Сократимость — это способность мышцы сокращаться при возбуждении. В результате сокращения происходит укорочение мышцы и возникает сила тяги.

Для рассказа о механических свойствах мышцы воспользуемся моделью (рис. 12), в которой соединительнотканые образования (параллельный упругий компонент) имеют механический аналог в виде пружины (1). К соединительнотканым образованиям относятся: оболочка мышечных волокон и их пучков, сарколемма и фасции.

При сокращении мышцы образуются поперечные актино-миозиновые мостики, от числа которых зависит сила сокращения мышцы. Актин-миозиновые мостики сократительного компонента изображаются на модели в виде цилиндра, в котором движется поршень (2).

Аналогом последовательного упругого компонента является пружина (3), последовательно соединенная с цилиндром. Она моделирует сухожилие и те миофибриллы (сократительные нити, составляющие мышцу), которые в данный момент не участвуют в сокращении.

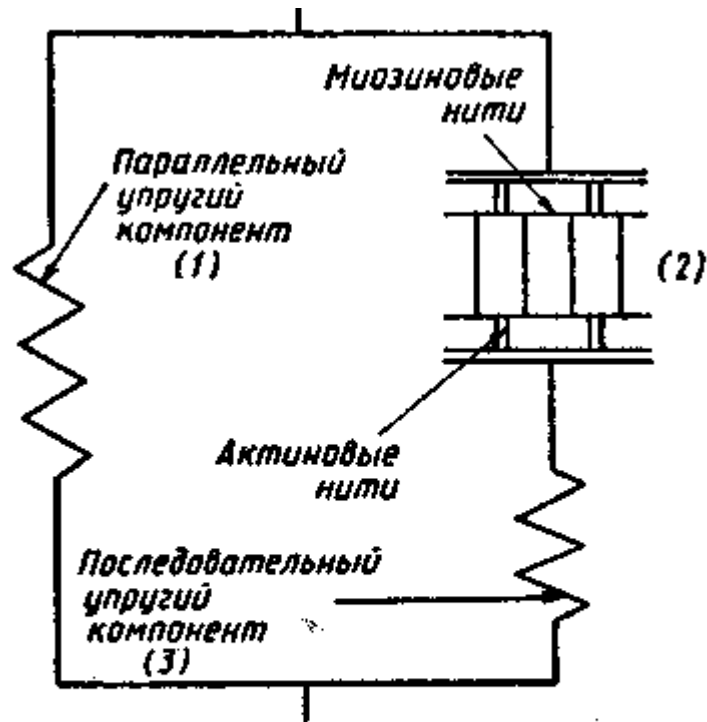


Рис. 12. Трехкомпонентная модель мышцы:

1 — параллельный упругий компонент; 2 — сократительный компонент; 3 — последовательный упругий компонент (по В. М. Зацiorsкому)

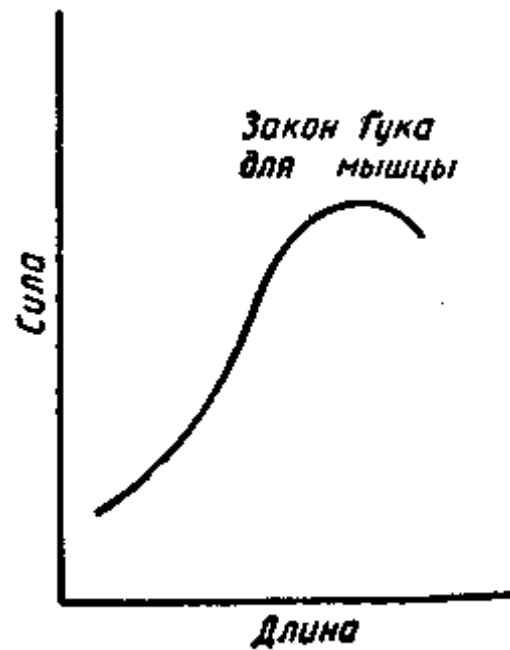


Рис. 13. Связь между силой тяги и длиной мышцы

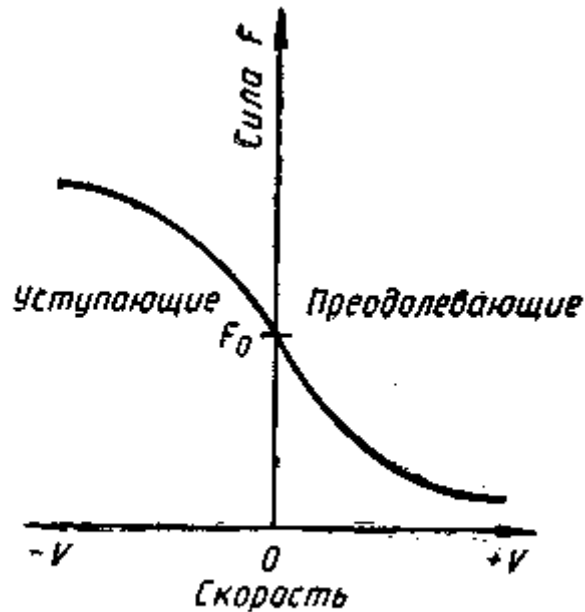


Рис. 14. Взаимосвязь между силой и скоростью мышечного сокращения (по А. Хиллу; Abbot)

Модель отображает упругие свойства мышцы, т. е. ее способность восстанавливать первоначальную длину после устранения деформирующей силы. Существование упругих свойств объясняется тем, что при растягивании в мышце возникает энергия упругой деформации. Здесь мышцу можно сравнить с пружиной или с резиновым жгутом: чем сильнее растянута пружина, тем большая энергия в ней запасена. Это явление широко используется в спортивной практике. Например, в хлесте предварительное растягивание мышц приводит к растягиванию и параллельного, и последовательного упругого компонента. В них запасается энергия упругой деформации, которая в финальной части движения (метания, толкания и т. д.) преобразуется в энергию движения (кинетическую энергию).

По закону Гука для мышцы ее удлинение нелинейно зависит от величины растягивающей силы (рис. 13). Эта кривая (ее называют “сила — длина”) является одной из характеристических зависимостей, описывающих закономерности мышечного сокращения. Другую характеристическую зависимость “сила — скорость” называют в честь изучавшего ее известного английского физиолога кривой Хилла (рис. 14) (Так принято сегодня называть эту важную зависимость. На самом деле А. Хилл изучал только преодолевающие движения (правую часть графика на рис. 14). Взаимосвязь между силой и скоростью при уступающих движениях впервые исследовал Abbot.).

По характеристическим кривым определяют жесткость и прочность мышцы.

Жесткость — это способность противодействовать прикладываемым силам. Коэффициент жесткости определяется как отношение приращения восстанавливающей силы к приращению длины мышцы под действием внешней силы:

$$K_{\text{ж}} = \frac{\Delta F}{\Delta l} \text{ (Н/м)}.$$

Величина, обратная жесткости, называется податливостью мышцы. Коэффициент податливости:

$$K_{\text{п}} = \frac{\Delta l}{\Delta F}$$

(м/Н) — показывает, насколько удлинится мышца при изменении внешней силы на единицу. Например, податливость сгибателя предплечья близка к 1 мм/Н.

Прочность мышцы оценивается величиной растягивающей силы, при которой происходит разрыв мышцы. Предельное значение растягивающей силы определяется по кривой Хилла (см. рис. 14). Сила, при которой происходит разрыв мышцы (в пересчете на

1 мм² ее поперечного сечения), составляет от 0,1 до 0,3 Н/мм². Для сравнения: предел прочности сухожилия около 50 Н/мм², а фасций около 14 Н/мм². Возникает вопрос: почему иногда рвется сухожилие, а мышца остается целой? По-видимому, это может происходить при очень быстрых движениях: мышца успевает амортизировать, а сухожилие нет.

Релаксация — свойство мышцы, проявляющееся в постепенном уменьшении силы тяги при постоянной длине мышцы. Релаксация проявляется, например, при прыгивании и прыжке вверх, если во время глубокого подседа человек делает паузу. Чем пауза длительнее, тем сила отталкивания и высота выпрыгивания меньше.

5. Режимы сокращения и разновидности работы мышц

Мышцы, прикрепленные сухожилиями к костям, функционируют в изометрическом и анизометрическом режимах (см. рис. 14).

При изометрическом (удерживающем) режиме длина мышцы не изменяется (от греч. “изо” — равный, “метр” — длина). Например, в режиме изометрического сокращения работают мышцы человека, который подтянулся и удерживает свое тело в этом положении. Аналогичные примеры: “крест Азаряна” на кольцах, удержание штанги и т. п.

На кривой Хилла изометрическому режиму соответствует величина статической силы (F_0), при которой скорость сокращения мышцы равна нулю.

Замечено, что статическая сила, проявляемая спортсменом в изометрическом режиме, зависит от режима предшествующей работы. Если мышца функционировала в уступающем режиме, то F_0 больше, чем в том случае, когда выполнялась преодолевающая работа. Именно поэтому, например, “крест Азаряна” легче выполнить, если спортсмен приходит в него из верхнего положения, а не из нижнего.

При анизометрическом сокращении мышца укорачивается или удлиняется. В анизометрическом режиме функционируют мышцы бегуна, пловца, велосипедиста и т. д.

У анизометрического режима две разновидности. В преодолевающем режиме мышца укорачивается в результате сокращения. А в уступающем режиме мышца растягивается внешней силой. Например, икроножная мышца спринтера функционирует в уступающем режиме при взаимодействии ноги с опорой в фазе амортизации, а в преодолевающем режиме — в фазе отталкивания.

Правая часть кривой Хилла (см. рис. 14) отображает закономерности преодолевающей работы, при которой возрастание скорости сокращения мышцы вызывает уменьшение силы тяги. А в уступающем режиме наблюдается обратная картина: увеличение скорости растяжения мышцы сопровождается увеличением силы тяги. Это является причиной многочисленных травм у спортсменов (например, разрыва ахиллова сухожилия у спринтеров и прыгунов в длину).

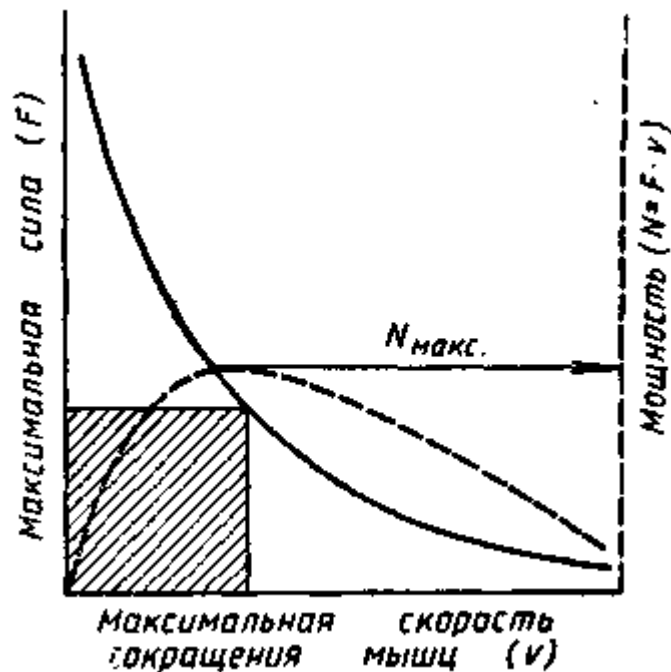


Рис. 15. Мощность мышечного сокращения в зависимости от проявляемой силы и скорости; заштрихованный прямоугольник соответствует максимальной мощности

6. Групповое взаимодействие мышц

Существуют два случая группового взаимодействия мышц: синергизм и антагонизм.

Мышцы-синергисты перемещают звенья тела в одном направлении. Например, в сгибании руки в локтевом суставе участвуют двуглавая мышца плеча, плечевая и плечелучевая мышцы и т. д. Результатом синергического взаимодействия мышц служит увеличение результирующей силы действия. Но этим значение синергизма мышц не исчерпывается. При наличии травмы, а также при локальном утомлении какой-либо мышцы ее синергисты обеспечивают выполнение двигательного действия.

Мышцы-антагонисты (в противоположность мышцам-синергистам) имеют разнонаправленное действие. Так, если одна из них выполняет преодолевающую работу, то другая — уступающую. Существованием мышц-антагонистов обеспечивается: 1) высокая точность двигательных действий; 2) снижение травматизма.

7. Мощность и эффективность мышечного сокращения

По мере увеличения скорости мышечного сокращения сила тяги мышцы, функционирующей в преодолевающем режиме, снижается по гиперболическому закону (см. рис. 14). Известно, что механическая мощность равна произведению силы на скорость. Существуют сила и скорость, при которых мощность мышечного сокращения наибольшая (рис. 15). Этот режим имеет место, когда и сила, и скорость составляют примерно 30% от максимально возможных величин.

Наряду с режимом максимальной мощности представляет интерес и наиболее экономичный режим мышечного сокращения (см. в разделе “Частная биомеханика”).

Тема 1.5. Биомеханика физических качеств

1. Биологические и физиологические механизмы развития двигательных качеств
2. Характеристика двигательных (локомоторных) качеств
3. Силовые качества
4. Развитие силы и ее измерение
5. Методика развития (тренировка) силы мышц
6. Влияние различных факторов на проявление силы мышц.
7. Физическая работоспособность.
8. Развитие быстроты.
9. Развитие ловкости.
10. Развитие выносливости.
11. Развитие гибкости.

Каждый человек владеет определенными двигательными навыками, например, может поднять определенный вес, пробежать или прыгнуть и т. п., но возможности у всех различны. Это связано и с возрастом, и наследственностью и, главное, с тренированностью. Двигательные качества отличаются друг от друга по форме и по затраченной энергии. Двигательные качества — это функциональные свойства организма, определяющие его двигательные способности. Они проявляются в одинаковой форме движений и энергетического обеспечения и имеют аналогичные физиологические механизмы. Поэтому методики совершенствования (тренировки) тех или иных качеств имеют общие черты независимо от конкретного вида движения. Например, выносливость марафонца во многом сходна с выносливостью лыжника-гонщика, велогонщика, конькобежца и т. п. Сила (F), скорость (V) и длительность (продолжительность) движения находятся в определенных соотношениях друг с другом. Это соотношение различно в разных видах деятельности (в разных видах спорта). При сокращении мышцы развивают большие усилия, которые зависят от поперечного сечения, начальной длины волокон и ряда других факторов. Сила мышцы на 1 см² ее поперечного сечения называется абсолютной мышечной силой. Для человека она равна от 50 до 100 Н. Сила и мощность одних и тех же мышц зависят от ряда физиологических условий: возраста, пола, тренировки, температуры воздуха, исходного положения при выполнении упражнений, биоритмов и т. д. Внешнее проявление сократительной активности мышцы (пучка волокон или волокна) состоит в том, что при ее фиксированной длине развивается усилие, а при фиксированной нагрузке происходит укорочение. Эксперимент с мышцами проводится в двух режимах: изометрическом, когда длина мышцы фиксирована и изотоническом, когда мышца имеет возможность укорачиваться при постоянной 58 нагрузке (рис. 14.1). На рисунке видно, что изометрическое усилие развивается очень быстро и достигает своей максимальной величины примерно через 170 мс после возбуждения. Начиная с 200 мс оно снова уменьшается с возрастающей скоростью. Интересно отметить, что даже через 900 мс в мышце еще сохраняется некоторое напряжение, что может быть обусловлено только активными физическими и химическими процессами. С 100 200 300 W 500 BOB Время,с Рис. 14.1. Изометрическое и изотоническое одиночное сокращение. Портняжная мышца лягушки при 0°C (по В. Jewell, D. Wilkie, 1960) Изотоническое одиночное сокращение существенно отличается от изометрического. Укорочение в процессе изотонического одиночного сокращения начинается только тогда, когда в мышце развивается достаточное усилие, равное по величине внешнему. В результате одиночное сокращение начинается тем позднее, чем больше нагрузка. Укорочение вначале почти линейно зависит от времени и достигает максимальных значений тем раньше, чем больше нагрузка. Затем наступает расслабление мышц с возрастающей скоростью, причем, так же как и укорочение, оно завершается тем раньше, чем больше груз. Если сделать нагрузку равной тому полному изометрическому

усилию, которое мышца способна развить, то никакого внешнего укорочения не произойдет. При нулевой нагрузке скорость укорочения, очевидно, должна быть максимальной. Соотношение между нагрузкой и установившейся скоростью укорочения показано на рис. 14.2. Для описания зависимости между силой и скоростью мышечного сокращения используют уравнение Хилла (A. Hill, 1938). $V=b(F_0 - F) \cdot (F+a)$ или $F=(F_0+a)(v/b+1)-a$, где V — скорость укорочения; F — сила (нагрузка); F_0 — максимальная изометрическая сила, которую может развить мышца; b — константа, имеющая размерность силы. Максимальная скорость, соответствующая условно $F = 0$, из уравнения Хилла равна bF_0/a . При раздражении мышцы серией импульсов, следующих с постоянной частотой, второй и последующие импульсы будут оказывать разное действие в зависимости и от того, на какой участок кривой «сила — время» они попадут.

10 20 30 40-10-2 Сила, Н Рис. 14.2. Зависимость скорости от нагрузки на различных стадиях изотонического одиночного сокращения портняжной мышцы лягушки при 0°C: 1 — фаза развития напряжения, 2—4 — фазы расслабления (0,46; 0,64; 0,83 с); напряжение составляет 0,6; 0,3 и 0,08 максимального В описанных экспериментах (исследованиях) изотоническое укорочение или изометрическое усилие измерялось на мышцах, длина которых была близка к длине расслабленной мышцы или несколько превосходила ее.

2. Характеристика двигательных (локомоторных) качеств К основным двигательным качествам относятся: сила, быстрота, выносливость, гибкость и ловкость. А.А. Тер-Ованесян к названным качествам добавляет: устойчивость равновесия, спо- 59 собность к произвольному расслаблению мышц, ритмичность, прыгучесть, мягкость движений, координированность.

Механика мышечного сокращения. В покое мышечная ткань представляет собой вязкоупругий материал с самыми обычными свойствами (F. Buchthal, E. Kaiser, 1951; P.M. Rack, 1966). Подлинно интересное свойство мышцы — это ее способность к сокращению. Максимальная сила, которую может развить мышца, при оптимальной ее длине составляет около 2-106 дин на 1 см² поперечного сечения мышцы. Если противодействующая сила невелика, мышца не только сильнее укорачивается, но и быстрее сокращается. Если сокращающаяся мышца имеет длину l в момент времени t , то скорость ее укорочения: dl/dt («минус» означает уменьшение длины) определяется по формуле: $dl/dt = (F_1 - F) \cdot b / F + a$ где F — сила, которую преодолевает мышца, F_1 — максимальная сила мышцы при той длине, при которой измеряется скорость ее укорочения, d и b — константы. Константа d равна около $4 \cdot 10^5$ дин на 1 см² поперечного сечения мышцы, а константа b для разных мышц различна (A.N. Hill, 1956). Заметим, что даже при отсутствии силы, противодействующей сокращению, мышца укорачивается с ограниченной скоростью: если $F = 0$, то $dl/dt = F_1 \cdot b / a$. Если неподвижно закрепить концы мышцы и заставить ее сокращаться, то максимальная сила сокращения будет зависеть от расстояния между концами мышцы. Эта сила уменьшится, если расстояние будет меньше длины мышцы в покое. Сила сокращения уменьшается и в том случае, если расстояние между концами мышцы будет больше ее длины в покое. Под силой сокращения имеется в виду разность между общей силой, которую развивает мышца при ее раздражении, и упругой восстанавливающей силой, обусловленной растяжением мышцы сверх ее нормальной длины. Зависимость силы от длины было показано на изолированных поперечнополосатых мышечных волокнах (Edman K., 1966; Gordon A.M. et al., 1966). Поперечные полосы мышечного волокна раздвигаются при его растяжении и сближаются при сокращении. На рис. 14.3 приведен график зависимости между силой сокращения волокна и расстояниями между соседними полосами. В расслабленных волокнах эти расстояния равны 2,1 мк (1 мк = 10^{-4} см). Сила сокращения достигает максимума при расстоянии 2,0—2,2 мк, и эта сила принята за 100%. При расстояниях 1,3 и 3,7 мк сила равна нулю. Это можно объяснить на основании «теории скользящих нитей». 1,5 2,0 2,5 3,0 Расстояние между полосами, мк Рис. 14.3. Зависимость силы сокращения поперечнополосатого мышечного волокна от расстояния между соседними пластинками (A.M. Gordon et al., 1966) Поперечнополосатое мышечное волокно представляет собой

клетку, содержащую многочисленные фибриллы, которые сами имеют поперечную исчерченность. На рис. 14.4 представлена схема строения фибриллы, основанная на электронных микрофотографиях. Фибрилла состоит из продольных нитей, построенных из белков актина и миозина; нити актина входят своими концами в промежутки между нитями миозина. Эти нити образуют структуру, которая повторяется на всем протяжении волокна и лежит в основе поперечной исчерченности, видимой в обычный микроскоп. Нити актина — более тонкие, они лежат на участке *b* (см. рис. 14.4). Рис. 14.4. Схема расположения субмикроскопических нитей в поперечнополосатом мышечном волокне (А.М. Gordon et al., 1966) Они проходят сквозь поперечные перегородки, называемые пластинками. 60 Миозиновые нити (рис. 14.4, а) толще и снабжены боковыми выступами, которые прикрепляются к нитям актина, образуя мостики. Полагают, что именно благодаря этим мостикам мышцы развивают силу при сокращении. Посередине каждой нити миозина имеется участок (рис. 14,4, с), лишенный боковых выступов. Когда мышца сокращается или подвергается растяжению, нити актина и миозина скользят друг относительно друга, так что область их перекрывания становится длиннее или короче. Рис. 14.5. Схема, показывающая степень перекрывания нитей миозина и актина в поперечнополосатом мышечном волокне при различных расстояниях между соседними пластинками Z (А.М. Gordon et al., 1966) На рис. 14.5, показано, как изменяются пространственные отношения нитей при различных расстояниях между соседними пластинками Z (т. е. при различной плотности расположения поперечных полос). Эти расстояния для представленных здесь случаев I—VI указаны также стрелками с соответствующими цифрами на рис. 14.3. При расстоянии 3,65 мк (положение I) нити актина и миозина уже не накладываются друг на друга и можно ожидать, что волокно не будет способно развивать силу; и действительно, примерно при таком растяжении сила сокращения падает до нуля. По мере сближения пластинок Z нити актина все глубже проникают в промежутки между нитями миозина, и, наконец, при расстоянии 2,2 мк (положение II) все боковые выступы на миозиновой нити приходят в контакт с нитью актина, образуя поперечные мостики. Если именно эти мостики ответственны за возникновение силы, то следует ожидать, что в диапазоне от положения I до положения II сила будет пропорциональна степени перекрывания нитей, и это подтверждается в исследованиях. При дальнейшем укорочении волокна число мостиков, которые могут образоваться, не изменяется, и сила остается постоянной, пока расстояние между пластинками Z не уменьшится до 2,05 мк (положение III). В этот момент нити актина сходятся своими концами и сила начинает убывать. Она продолжает медленно убывать, пока расстояние не достигает 1,65 мк (положение V), когда концы миозиновых нитей приходят в соприкосновение с пластинками Z. При дальнейшем сокращении нити миозина должны сминаться; сила начинает убывать быстрее и, наконец, совсем исчезает.

3. Сила. Силовые качества Сила — это способность, определяемая максимальной величиной мышечных усилий. Сила, развиваемая мышцей или пучком мышечных волокон, соответствует сумме сил отдельных волокон. Чем толще мышца и больше «физиологическая» площадь ее поперечного сечения (сумма площадей поперечных сечений отдельных волокон), тем она сильнее. Например, при мышечной гипертрофии ее сила и толщина волокон возрастают в одинаковой степени. Мышечная сила зависит не только от активирующего влияния ЦНС, но и в очень высокой степени от внешних механических условий работы мышцы. В организме человека скелетные мышцы передают силу частям скелета посредством упругих, отчасти растяжимых структур — сухожилий. Во время развития силы у мышцы есть тенденция укоротиться, а следовательно, растянуть и напрячь упругие структуры, прикрепляющие ее к скелету. Мышечное сокращение, при котором длина мышцы уменьшается по мере увеличения развиваемой ею силы, называемой ауксотоническим (изотоническим). Максимальная сила в ауксотонических экспериментальных условиях (с растяжимой упругой связью между мышцей и датчиком силы) называется максимумом ауксотонического сокращения. Она гораздо меньше силы,

развиваемой мышцей при постоянной длине, т. е. при изометрическом сокращении. Для его экспериментального исследования мышцу в расслабленном состоянии (в покое) закрепляют с обоих концов, чтобы во время активации и измерения напряжения она не могла укорачиваться. Однако даже в этих условиях сократительные элементы мышечных волокон (миозиновые головки) передают силу сухожилиям или регистрирующему устройству 61 только через упругие внутримышечные структуры. Они входят в состав поперечных мостиков (рис. 14.6) активных нитей, Z-пластинок и сухожильно-мышечных соединений. Сила — величина векторная. Две силы, действующие на тело, складываются по правилу параллелограмма (векторно). Сила мышц измеряется тем максимальным напряжением, которое она способна развить в условиях изометрического сокращения. Максимальная сила будет зависеть прежде всего от количества и толщины мышечных волокон, образующих мышцу. Количество и толщина мышечных волокон обычно определяются по физиологическому поперечнику мышцы, под которым понимается площадь поперечного разреза мышцы (см^2), проходящего через все мышечные волокна. Толщина мышцы не всегда совпадает с ее физиологическим поперечником. Например, при равной толщине, мышцы с параллельным и перистым расположением волокон значительно отличаются по физиологическому поперечнику. Перистые мышцы имеют больший поперечник и обладают большей силой сокращения. Чем толще мышца, тем она сильнее. Важным в проявлении силы мышцы имеет характер прикрепления ее к костям и точка приложения силы в механических рычагах, образуемых мышцами, суставами и костями. Сила мышцы в значительной степени зависит от ее функционального состояния — возбудимости, лабильности и питания. Внутримышечная координация связана со степенью синхронности сокращения двигательных единиц мышцы, а межмышечная — со степенью координированности участвующих в работе мышц. Чем выше степень внутри- и межмышечной координации, тем больше максимальная сила человека. Спортивные тренировки значительно способствуют совершенствованию этих координационных механизмов, поэтому тренированный человек обладает большей максимальной и относительной силой, т. е. силой мышц, отнесенной на 1 кг массы тела. В этой связи в спорте имеются весовые категории (тяжелая атлетика, борьба, бокс и др.). Регуляция мышечной силы в организме человека. Двигательная единица состоит из одного мотонейрона и группы иннервируемых им мышечных волокон (рис. 14.7). Размеры таких единиц широко варьируют. Поскольку каждое волокно подчиняется закону «все или ничего», сила, развиваемая двигательной единицей при одиночном сокращении, варьирует слабо; либо все ее волокна возбуждаются и сокращаются, либо все расслаблены. Однако развиваемая сила зависит от частоты стимуляции. Сила и скорость сокращения мышцы увеличиваются также по мере активации (вовлечения) все большего количества двигательных единиц. При этом чем меньше размеры (а, следовательно, и сила) каждой из них, тем тоньше регулировка общего усилия. Соотношение между скоростью сокращения мышцы и силой (нагрузкой). При изотоническом сокращении мышца укорачивается тем медленнее, чем больше нагрузка. Ненагруженная мышца укорачивается с максимальной скоростью, зависящей от типа мышечных волокон. Например, портняжная мышца лягушки сокращается со скоростью всего лишь 0,2 м/с (примерно, 10 длин мышцы в 1 с). Мышцы руки человека, которые гораздо длиннее, укорачиваются со скоростью 8 м/с. Быстро укорачиваясь, мышца развивает меньшую силу, чем при медленном укорочении или после предварительного растяжения. Этим объясняется тот общеизвестный факт, что быстрые движения возможны, если не требуется большая сила, т. е. когда мышцы не нагружены (свободно двигаются) и, наоборот, максимальная мышечная сила требует медленных движений, например, при передвижении крупных предметов или подъеме штанги. Большой вес можно поднять или столкнуть с места только очень медленно. Это вполне совместимо со способностью человека произвольно менять скорость мышечного сокращения. Мощность мышцы равна произведению развиваемой ею силы на скорость укорочения. Например, максимальная

мощность (200 Вт) мышцы нашей руки будет достигнута при скорости сокращения 2,5 м/с. Исследования показывают, что мощность выше при умеренных нагрузках и скоростях сокращения, чем в экстремальных условиях.

4. Развитие силы и ее измерение Силу мышц измеряют с помощью различных приборов (динамометры и др.). А. Беком определена «удельная сила мышцы» (табл. 14.1). Таблица 14.1. Удельная сила различных мышц

Наименование	Сила мышцы (кг) на 1 см ² физиологического поперечника
Икроножная с камбаловидной	6,24
Разгибатели шеи	9,0
Жевательная	10,0
Двуглавая мышца плеча	11,4
Трехглавая мышца плеча	16,8

Для сравнения силы у людей разного веса и пола введено понятие «относительная сила» (отношение максимальной силы к весу). Сила мышц зависит от многих факторов. При прочих равных условиях она пропорциональна поперечному сечению мышц (принцип Вебера). Максимально возможное ее сокращение (укорочение) при прочих равных условиях пропорционально длине мышечных волокон (принцип Бернулли).

62 В зависимости от вида спорта, спортсмены отдают предпочтение развитию тех мышечных групп, от которых в значительной мере зависит эффективность выполнения упражнений. Например, у тяжелоатлетов высокий уровень развития силы мышц-разгибателей. У квалифицированных тяжелоатлетов отношение силы мышц-разгибателей к силе мышц-сгибателей выражается следующими величинами: для плеча (локтевой сустав) — 1,6 : 1, туловища (тазобедренный и поясничный суставы) — 4,3 : 1, голени (голеностопный сустав) — 5,4 : 1, бедра (коленный сустав) — 4,3 : 1. Именно в этом заключается своеобразие топографии и гармонии развития атлетов. В тяжелой атлетике силу мышц измеряют в позах, которые спортсмены принимают при подъеме штанги. Наиболее значительные усилия атлеты затрачивают в фазе подрыва, когда углы в коленных суставах равны 130—140°, а в тазобедренных — около 60—70° и гриф штанги находится у середины бедра. В данном положении спортсмены способны развивать усилие до 500 кг и более (А.Н. Воробьев, 1988). В спортивной физиологии и педагогике широко распространен термин «взрывная сила», характеризующий предельную быстроту развития напряжения мышц. Взрывную силу мышц рассчитывают по следующей формуле: $I = F_{\max} / t$ где I — скоростно-силовой индекс; $F_{\max}$ — максимальное значение силы мышцы в данном движении; t — время достижения максимальной силы мышц. Косвенным показателем взрывной силы может служить высота и длина прыжка с места при отталкивании двумя ногами.

5. Методика развития (тренировка) силы мышц Сила мышц снижается после продолжительной интенсивной мышечной работы, на нее влияет характер выполняемой работы, уровень тренированности мышц. Развитие силы мышц достигается при тренировке с применением различных режимов работы мышц. До 50-х годов для развития силы мышц в методике тренировок рассматривались частота занятий, интервалы отдыха, количество упражнений со штангой и их последовательность. Современная спортивная методика тренировок наряду с преодолевающим режимом мышечной работы предусматривает удерживающий, уступающий, а также смешанный режим. Миометрический метод (работа в преодолевающем режиме двигательной деятельности) представляет собой работу мышц в миометрическом режиме, т. е. их напряжение в режиме укорочения. Изометрический метод получил широкое распространение для развития силы. Для увеличения силы мышц и их массы Т. Хеттингел (1966) считает оптимальной величину усилия, равную 40—50% от максимума. При усилении, равном 20—30% от максимума, сила мышц не изменяется. В практике спорта применяется напряжение 55—100% от максимума в течение 5—10 с. С увеличением напряжения уменьшается время удержания позы. Необходимо учитывать индивидуальные особенности штангиста, а именно: количество подходов, времени, в течение которого упражняемая мышца должна напрягаться; величину напряжения в тренировке; количество тренировок в неделю для развития силы. В спорте для развития силы часто используют метод комбинированного режима. Полученные данные говорят о высокой эффективности тренировки при сочетании уступающего, удерживающего (изометрического) и преодолевающего режимов мышечной деятельности. В процентном отношении

тренировки выглядели следующим образом: 75% — преодолевающая работа, 15% — уступающая (и 10% — удерживающая (А.Н. Воробьев, 1988). Построение тренировок выглядит следующим образом: 1) упражнения в уступающем режиме работы мышц должны применяться с весом 80—120% от максимального результата в аналогичных упражнениях в преодолевающем режиме; 2) при работе с весом 80—100% от максимума упражнения следует выполнять 1—2 раза по 6—8 с, а с весом 100—120% — 1 раз в подходе; длительность опускания снаряда — 4—6 с; 3) интервалы отдыха между подходами должны быть 3—4 мин. Упражнения в уступающем и удерживающем режимах целесообразно выполнять в конце тренировки. Для развития силы мышц используется и статико-динамический метод. Подняв штангу до уровня колен, штангист удерживает ее в этом положении в течение 5—6 с, затем продолжают тягу; точно так же выполняются и приседания. Все виды приседаний связаны с уступающей работой. На приседания тяжелоатлеты отводят около 10—25% всей тренировочной нагрузки. Обычно уступающую работу высококвалифицированные тяжелоатлеты выполняют с весом 110—120% от лучшего результата при преодолевающей работе, но не чаще одного раза в 7—10 дней. Помимо описанных, существуют нетрадиционные методы развития силы. А.Н. Воробьевым разработан метод принудительного растяжения мышц. В регуляции напряжения мышц следует придерживаться такого правила: чем интенсивнее растяжение, тем меньше должно быть время воздействия. При очень сильных растяжениях достаточно 30 с. В системе тренировок каждый атлет должен применять упражнения с принудительным растяжением мышц; они наиболее целесообразны после серии подходов в каком-либо упражнении. Регулярное включение в тренировки принудительного растяжения «рабочих» мышц ведет к большому увеличению силы мышц. Таким образом, принудительное растяжение мышц может служить одним из эффективных методов повышения работоспособности. «Безнагрузочный» метод развития силы мышц был разработан А.Н. Анохиным (1909). Он заключается в «волевом» согласованном напряжении мышц-антагонистов без внешней нагрузки. Рекомендуется пятнадцать простых упражнений, при которых «волевым» напряжением развивается сила мышц. «Безнагрузочный» метод развития силы мышц можно применять во время утренней зарядки.

6. Влияние различных факторов на проявление силы мышц. Сила сокращения мышц зависит от многих причин, в частности, от анатомического строения мышц (перистые, веретенообразные и мышцы с параллельными продольными волокнами); возбудимости ЦНС; гуморальных механизмов; оксигенации тканей и т. д. При динамической работе максимальной интенсивности организм обеспечивается кислородом всего лишь на 10%. Мышечная работа существенно изменяет гормональный фон. Так, после средней и тяжелой тренировки содержание норадреналина в крови может увеличиться в два раза, значительно возрастает содержание гормона роста. Уровень кортизола повышается только после тяжелых тренировок, тогда как содержание инсулина уменьшается. На работоспособность существенно влияют глюкокортикоиды и андрогены. Взаимосвязь силы мышц и ее массы. Известно, что чем больше мышечная масса, тем больше сила. Эту зависимость можно выразить формулой: $F = a \cdot P \cdot 2/3$, где F — сила; a — некоторая постоянная величина, характеризующая физическую подготовленность атлета; P — вес атлета. У ведущих тяжелоатлетов мышечная масса составляет 55—57% веса тела (А.Н. Воробьев, Э.И. Воробьева, 1975—1979). Значение положения тела при выполнении силовых упражнений. Сила, которую может проявить человек, зависит от положения его тела. Для каждого движения существуют такие положения тела, в которых проявляются наибольшие и наименьшие величины силы (рис. 14.8). Например, во время сгибания в локтевом суставе максимум силы достигается при угле 90° ; при разгибании в локтевом и коленном суставах оптимальный угол около 120° ; при измерении становой силы максимальные показатели проявляются, когда угол около 155° , и т. п. Возникает вопрос: какие положения надо выбирать при выполнении силовых упражнений? Нередко используют положения, когда собственная сила активных мышц максимальна, О 30 60 90

720 О 30 60 90 120 Рис. 14.8. Зависимость силовых показателей от суставных углов (по Уильямсу и Штуцману, 1959). Сплошная линия — данные мужчин; пунктирная — данные женщин. По горизонтали — суставной угол; по вертикали — сила (в фунтах) 64 т. е. когда мышцы напрягаются в растянутом состоянии. Вследствие усиления потока проприоцептивных импульсов такое положение тела вызовет увеличение рефлекторной стимуляции и тем усилит воздействие упражнений. Энергетика мышцы. Энергия мышечного сокращения. Во время активации мышцы повышение внутриклеточной концентрации Са ведет к сокращению и к усиленному расщеплению АТФ; при этом интенсивность метаболизма мышцы возрастает в 100—1000 раз. Согласно первому закону термодинамики (закону сохранения энергии), химическая энергия, высвобождаемая в мышце, должна быть равна сумме механической энергии (мышечной работы) и теплообразования. Даже изометрическое сокращение сопровождается непрерывной циклической активностью поперечных миозиновых мостиков и «внутренняя» работа, связанная с расщеплением АТФ и теплообразованием при этом значительна. Недаром даже такая «пассивная деятельность», как стойка «смирно», утомительна. Когда мышца поднимает груз, совершая «внешнюю» работу, расщепляется дополнительное количество АТФ. При этом усиление интенсивности метаболизма пропорционально выполняемой работе (эффект Фенна). Обычно первоисточником энергии для мышечного сокращения служит гликоген или жирные кислоты. В процессе расщепления этих субстратов вырабатывается АТФ, гидролиз которого доставляет энергию непосредственно для самого сокращения: $\text{АТФ} \rightarrow \text{АДФ} + \text{Фн} + \text{энергия}$. Мышцы, сокращаясь, превращают весьма значительную часть ($1/4$ — $1/3$) химической энергии в механическую работу, выделяя при этом тепло; это — один из главных источников образования ее в организме. Гидролиз одного моля АТФ дает примерно 48 кДж энергии. Однако лишь около 40—50% ее превращается в механическую энергию работы, а остальные 50—60% рассеиваются в виде тепла при запуске (начальная теплота) и во время сокращения мышцы, температура которой при этом несколько повышается. Таким образом, КПД элементарного преобразования АТФ в миофибриллах составляет примерно 40—50%. Однако в естественных условиях механический КПД мышц обычно гораздо ниже — около 20—30%, так как во время сокращения и после него процессы, требующие затрат энергии, идут и вне миофибрилл. Эти процессы, например, работа ионных насосов и окислительная регенерация АТФ, сопровождаются значительным теплообразованием (теплота восстановления). Чем больше совершенная работа, тем больше образуется тепла и расходуется энергоресурсов (углеводов, жиров) и кислорода. Такая закономерность, кстати, объясняет усталость, усиленное потоотделение и одышку при подъеме в гору, но не при спуске. Мышцы способны производить механическую работу, обеспечивая перемещение человека, движение воздуха в дыхательных путях, движение крови и многие другие жизненно важные процессы. Коэффициент полезного действия (КПД) мышцы. Когда мышцы совершают работу, в них освобождается химическая энергия, накопленная в процессе метаболизма; она частично превращается в механическую работу, а частично теряется в виде тепла. S. Dickinson (1929) измеряла КПД превращения химической энергии в механическую работу у спортсмена, работающего на так называемом велоэргометре, где человек приводит во вращение колесо, нажимая ногами на педали. Через колесо переброшен матерчатый привод, который действует как тормоз. К одному концу этого привода подвешен груз, а другой конец прикреплен к пружинным весам (рис. 14.9). Если груз имеет массу m , то он будет тянуть привод с силой mg . На другой конец привода действует меньшая сила F , измеряемая пружинными весами. Таким образом, сила трения тормоза, приложенная к ободу колеса, равна mgF . Если колесо имеет радиус r и совершает n оборотов в единицу времени, то скорость движения его обода составляет $2\pi r n$. Мощность, необходимая для того, чтобы вращать колесо с такой скоростью, преодолевая силу трения, равна $2\pi r n(mg - F)$, и ее можно вычислить. Хотя описанная работа может показаться бессмысленной, эта мощность служит мерой

«полезной работы» в том смысле, в каком это понятие входит в определение КПД. С помощью велоэргометра можно измерять КПД мускулатуры ног, а также и максимальную мощность, которую она способна развить. D.A. Raggy (1949) показал, что мощность мускулатуры ног достигает 40 Вт на 1 кг мышечной ткани. На таком уровне она может оставаться лишь короткое время, так как мышцы не могут получать кислород с необходимой для этого скоростью. Затрату химической энергии в единицу времени можно измерить косвенным путем, собирая выдыхаемый воздух испытуемого и исследуя его. На каждый мл O_2 использованного в процессе дыхания, освобождается около 5 кал химической энергии. Более точно эту величину можно определить, если известно относительное содержание жиров и углеводов в пище, но скорость освобождения химической энергии можно вычислить вполне точно, если определять содержание в выдыхаемом воздухе не только кислорода, но и углекислоты. S. Dickinson измеряла у испытуемых использование химической энергии в покое и во время работы на велоэргометре. Разность между этими величинами в каждом случае показывала, какое количество химической энергии расходовалось в единицу времени на создание механической мощности, необходимой для вращения колеса. Она нашла, что КПД варьирует в зависимости от скорости вращения 65 педалей (рис. 14.10) и достигает максимальной величины — 22% — при нажимании ногой на педаль через каждые 0,9 с (т. е. при одном обороте педалей за 1,8 с). Рис. 14.10. Превращение химической энергии в механическую работу у человека, приводящего в движение велоэргометр, на протяжении полуоборота педалей (S. Dickinson, 1929). Прерывистая линия — теоретическая кривая (в тексте не упоминается).

7. Физическая работоспособность. Сокращаясь и напрягаясь мышца производит механическую работу, которая в простейшем случае (варианте) может быть определена по формуле $L = PH$, где L — механическая работа (кгм), P — вес груза (кг), H — высота подъема груза (м). Таким образом, работа мышц измеряется произведением величины веса поднятого груза на величину укорочения мышцы. Из формулы легко вывести так называемое правило средних нагрузок, согласно которому максимальная работа может быть произведена при средних нагрузках. Действительно, если $P = 0$, т. е. мышца сокращается без нагрузки, то и $L = 0$. При $H = 0$, что можно наблюдать, когда мышца не способна поднять слишком тяжелый груз, работа также будет равна 0. Движения человека весьма разнообразны. В процессе этих движений мышцы, сокращаясь, совершают работу, которая сопровождается как их укорочением, так и их изометрическим напряжением. В этой связи различают динамическую и статическую работу мышц. Динамическая работа связана с мышечной работой, в процессе которой сокращения мышц всегда сочетаются с их укорочением. Статическая работа связана с напряжением мышц без их укорочения. В обычных условиях мышцы человека никогда не совершают динамическую или статическую работу в строго изолированном виде. Работа мышц всегда является смешанной. Тем не менее, в локомоциях может преобладать либо динамический, либо статический характер мышечной работы. Поэтому характеризуя мышечную деятельность в целом, говорят о ее статическом или динамическом характере. Бег, игры, плавание являются динамической работой, а удерживание на весу штанги, гири или гантелей — статическая работа. Величина механической работы, совершаемой сокращающейся мышцей выражается в килограммометрах (кг/м), как произведение веса груза, поднимаемого мускулом, на высоту поднятия. Сила, проявляемая мышцей, зависит от числа составляющих ее мускульных волокон. Длина мышечного брюшка обуславливает высоту поднятия груза; в среднем, мускулы при полном сокращении укорачиваются приблизительно на половину своей длины (длина сухожилия, разумеется, не изменяется — оно только передает движение на определенный пункт). Найдено, что наибольший груз, который в состоянии удерживать мускул с поперечником в 1 см², в среднем равняется 10 кг — так называемая абсолютная мышечная сила. Зная это, не трудно определить силу той или другой мышцы¹. Конечно, вычисленная таким путем величина лишь в большей или меньшей степени приближается к истинной, так как не у

всех людей и даже не у всех мышц одного и того же субъекта мышечная сила одинакова.

8. Развитие быстроты Быстрота — способность к выполнению двигательных действий с минимальными затратами времени. Проявлениями этого двигательного качества являются: 1. Предельная скорость одиночных движений. 2. Максимальный темп двигательных действий. 3. Скорость двигательной реакции. Быстрота зависит от скорости мышечного сокращения, мощности мобилизации химической энергии в мышечном волокне и в превращении ее в механическую энергию сокращения. Наибольший эффект в развитии быстроты можно достичь в возрасте от 8 до 15—16 лет.

1. Предположим, что какой-нибудь мускул имеет поперечник в 5 см². Следовательно, он будет сокращаться с силой, равной $10 \cdot 5 = 50$ кг. Если уменьшение его длины, происходящее при сокращении, достигает 5 см (0,05 м), то величина механической работы данного мускула равняется $50 \cdot 0,05 = 2,5$ кг/м. Это значит, что мускул в состоянии произвести работу, равную поднятию 2,5 кг на высоту одного метра.

66 Быстрота развивается при повторном выполнении скоростных упражнений. Выполнение скоростной работы с сокращенными интервалами отдыха ведет к развитию скоростной выносливости. Биохимические процессы, происходящие в мышцах при скоростных и силовых нагрузках, очень похожи, поэтому развитие быстроты положительно влияет на развитие силы. Быстрота развивается с помощью упражнений, выполняемых в максимально быстром темпе. К таким упражнениям можно отнести: 1) бег на короткие дистанции (20—30—50 м); 2) прыжки в длину, высоту, прыжки с места, прыжки-подскоки на ровном месте и в гору, прыжки на тумбу, на гимнастического козла и т. д. 3) метание; 4) быстро выполняемые упражнения с блином (от штанги), с грифом или со штангой, имеющей небольшой вес; 5) «боксерование» с гантелями в руках в течение 5—10 с. Тренироваться надо чаще, повторять нагрузку при полном восстановлении скоростных качеств.

9. Развитие ловкости Ловкость — это способность быстро овладевать новыми движениями и перестраивать двигательную деятельность в соответствии с требованиями внезапно меняющейся обстановки. Критериями ловкости служат координация и точность движений. Для развития ловкости используют спортивные игры, элементы акробатики и спортивной гимнастики, борьбу и т. д. Развитие ловкости связано с возрастом, полом, телосложением и т. д.

10. Развитие выносливости. Выносливость — способность человека выполнять работу длительное время без снижения работоспособности. Основным фактором, лимитирующим продолжение работы, является утомление. Раннее наступление утомления свидетельствует о недостаточном уровне развития выносливости. Более позднее наступление утомления — следствие повышения уровня развития выносливости. Степень выносливости у спортсменов определяется по физиологическим показателям: кардиореспираторная система, биохимические показатели и т. д. Выносливость можно рассматривать как способность преодолевать утомление, ее следует считать основным фактором, определяющим развитие выносливости. Только работа до утомления (до «не могу») и преодоление наступающего утомления способствует повышению выносливости организма. Выносливость лучше вырабатывается, если работа выполняется в среднем темпе. Различают общую и специальную выносливость. Общая выносливость приобретается при разносторонней физической подготовке, но обязательно должны включаться тренировки (бег по пересеченной местности, ходьба на лыжах, академическая гребля и т. д.). Выносливость имеет специфические особенности в том или ином виде спорта. Например, легкоатлеты-стайеры (или лыжники-гонщики) обладают значительно большей выносливостью в беге на длинные дистанции, чем тяжелоатлеты (или борцы); в то же время легкоатлеты в подъеме тяжестей менее выносливы, чем тяжелоатлеты. Мышечная деятельность у легкоатлетов-стайеров происходит в аэробном режиме, а у тяжелоатлетов — в близких к анаэробным условиям. Исследования показывают, что работа на выносливость (например, бег на длинные дистанции, кросс и пр.) отрицательно сказывается на развитии силы, и наоборот, тренировки «на силу» (подъем штанги, гирь и др.) отрицательно сказываются на развитии выносливости у бегунов-стайеров.

Специальная выносливость в разных видах спорта вырабатывается различными способами (методами). Например, специальная выносливость тяжелоатлета развивается за счет увеличения количества подъемов штанги на тренировке. Выносливость возрастает под влиянием регулярных тренировок в большей мере, чем сила и особенно быстрота.

11. Развитие гибкости Гибкость, или подвижность в суставах — важный компонент физической подготовленности во многих видах спорта и особенно в спортивной гимнастике, акробатике и других видах спорта. Гибкость определяют как способность человека выполнять движения с большей или меньшей по величине предельной амплитудой. Плохая подвижность в суставах во многих случаях затрудняет сильное, быстрое сокращение мускулатуры. Если доступна большая амплитуда движений, значит мышцы-антагонисты легко растягиваются и оказывают меньшее сопротивление мощным агонистам, сокращение которых обеспечивает выполнение упражнения. Развитие гибкости, как и других физических качеств, имеет свои особенности в соответствии с требованиями вида спорта, возраста, пола и телосложения. В каждом виде спорта для развития гибкости спортсмен регулярно выполняет комплекс специальных упражнений. Отмечено, что с ростом мышечной силы значительно уменьшается подвижность в суставах. 67 У молодых атлетов обычно более высокие показатели гибкости. С возрастом гибкость снижается, особенно у тяжелоатлетов, в связи с сильнейшей компрессионной нагрузкой на позвоночник. Кроме того, на гибкость оказывает существенное влияние генетическая (наследственная) предрасположенность к гибкости, к ее развитию. Не у всех можно развить гибкость в равной мере. В этой связи при отборе в спортивные секции (гимнастика, акробатика и др.), и в балет используют тест на гибкость.

Тема 1.6. Биомеханика технико-тактического мастерства

1. Показатели совершенства спортивной техники
2. Направления развития системы движений
3. Пути овладения техникой и ее совершенствования
4. Психологический аспект управления двигательными действиями
5. Проблема целесообразной индивидуализации выполнения упражнения
6. Надежность выполнения упражнений и действий

1. ПОКАЗАТЕЛИ СОВЕРШЕНСТВА СПОРТИВНОЙ ТЕХНИКИ Спортивная техника — способ двигательного действия в спортивной деятельности, направленной на достижение высокого результата. Хорошая техника обеспечивает решение двигательной задачи с лучшим использованием физических и технических возможностей спортсмена при достижении высокого спортивного результата. Показатели совершенства спортивной техники можно разделить на общие, свойственные в основном всем видам спортивных упражнений, и частные, характерные для определенных групп упражнений.

1.1. Общие показатели технического мастерства Наиболее общие показатели уровня спортивно-технического мастерства — эффективность системы движений (высокий спортивный результат) при требуемом уровне надежности на основе высокого уровня проведения спортивной подготовки во всех ее разделах. Высокий спортивный результат — неперенный показатель мастерства. Спортивный результат зависит от целенаправленности и целесообразности всех движений, их точности в достижении цели и высокой экономичности (значительный КПД приложенных сил). Иначе говоря, мастерство проявляется в эффективности техники. Следующий показатель мастерства — высокая надежность спортивных достижений, способность уверенно, с большой вероятностью успеха повторять их при требуемом качестве выполнения в различных условиях. Для высокого уровня надежности необходима, успешная борьба с помехами (помехоустойчивость). Эффективность и надежность сами являются следствием высокого уровня всех сторон спортивной подготовки (физической, технической, тактической, психологической и теоретической). Биомеханическое изучение проблемы мастерства идет по пути определения эффективности системы движений, а также способности бороться с отклонениями от оптимальной программы. В зависимости от задач спортивные упражнения можно разделить на группы: 1-я группа — упражнения со стабилизацией кинематической структуры (выполнение движений заданной формы и характера — гимнастика, акробатика, прыжки в воду, фигурное катание на коньках и др.); 2-я группа — упражнения со стабилизацией динамической структуры (достижение максимального количественно измеряемого результата — тяжелая атлетика, легкая атлетика, активные спортивные локомоции); 3-я группа — упражнения с вариативностью спортивных действий (обеспечение конечного качественного эффекта в переменных условиях — единоборства, спортивные игры). Упражнения 1-й и 2-й группы выполняются в относительно постоянных условиях, 3-й группы — в переменных. Стабильность высокого результата, определяемая мастерством, в каждой из групп упражнений имеет свои показатели.

1.2. Мастерство при стабилизации кинематической структуры Мастерство при реализации заданной внешней картины движений определяется соответствием выполнения традиционным, стилистическим и эстетическим требованиям на основе совершенной ритмической структуры при значительной приспособительной и корригирующей изменчивости динамики. Упражнения в этой группе направлены не на достижение конечной цели, а на удовлетворение требований к качеству выполнения всех движений в упражнении. Требования к выполнению в значительной мере обусловлены сложившимися традициями, стилистическими и эстетическими оценками. Индивидуальный стиль выполнения также может служить для повышения качества выполнения. В основе этих видов техники лежит определенная биомеханическая

рациональность, которая позволяет выполнять сложнейшие двигательные действия. Огромное значение имеет совершенство ритмической структуры движений, точнейшее соблюдение временных отношений, обеспечивающих зрелищный эффект внешней картины движений. Вследствие больших технических трудностей упражнений высокого класса требования к их динамической структуре также высоки. Но, поскольку кинематическая структура должна отличаться высокой точностью, динамическая структура должна обладать большой приспособительной изменчивостью, позволяющей преодолевать помехи. Развивается приспособительная (предупреждающая отклонения) и корри- 1 «Стабилис» (лат.) — устойчивый; стабилизация — устойчивость движений к сбивающим воздействиям (см. 73.2). 72 гирующая (исправляющая последствия отклонений) изменчивость, обеспечивающие устойчивость кинематической структуры к помехам. 1.3. Мастерство при стабилизации динамической структуры Мастерство в упражнениях, направленных на достижение максимального количественного результата, определяется: применением высоко совершенной современной техники с устойчивой динамической структурой; рациональным управлением внешними и внутренними силами; повышением уровня ранее достигнутых параметров (определяющих характеристик) движений; использованием индивидуализации техники. Высокий количественный результат — следствие в первую очередь очень совершенной устойчивости динамической структуры. Для каждого этапа развития спортивной техники формируются наиболее эффективные динамические структуры, соответствующие современному уровню физической подготовленности, которая в спорте неизменно повышается. Новые физические возможности требуют новых особенностей систем движений. Складывается оптимальное соотношение внутренних и внешних сил с наиболее экономичным использованием и тех, и других. Рост результатов требует повышения достигнутых усилий, скоростей, темпа, перестройки ритма. Необходима максимальная мобилизация психических возможностей для использования имеющихся реальных скоростно-силовых возможностей и выносливости. Не меньшее значение, чем в рассмотренной выше (1.2) группе видов техники, имеет индивидуализация техники, широкое развертывание личных возможностей спортсмена. 1.4. Мастерство при вариативности спортивных действий Мастерство в упражнениях, направленных на обеспечение конечного качественного эффекта в переменных условиях, определяется гибкой изменчивостью тактических действий, которые подготавливают безотказное применение помехоустойчивых высокоэффективных основных действий в созданной оптимальной ситуации Переменные условия соревновательной борьбы требуют для появления мастерства отличного овладения приемами, которые в соответствии с ходом борьбы складываются в необходимые спортивные действия. Ведущую роль играет применение совершенных приемов действия в момент возможности безотказного их проведения. Для этого необходимо умение не только выбирать, но и в особенности создавать благоприятные ситуации. Отсюда вытекают высокие требования к проведению подготовительных фаз путем тактического обыгрывания противника. Приспособительная изменчивость подготовительных действий сочетается с большой устойчивостью основных, рабочих, действий. Быстрота выполнения основных действий обеспечивает опережение намерений противника в использовании созданной благоприятной ситуации. Разнообразие условий взаимодействия с активным противником предъявляет самые высокие требования к приспособительной изменчивости каждого спортивного действия в целом.

2. НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ ДВИЖЕНИЙ Спортивно-техническое мастерство зависит от совершенства систем движений, которые в процессе тренировки постоянно перестраиваются благодаря упражнению. Ход перестройки обуславливается внешними воздействиями. Определяющими являются внутренние факторы: взаимосвязи между подсистемами и их элементами, внутренние структуры, создаваемые управлением. Источниками самодвижения, развития в живых системах служат внутренние противоречия. Направления развития систем движений имеют

противоречивый характер. Знание направлений развития обеспечивает возможность воздействия на развитие систем движений, управления ими.

2.1. Интеграция и дифференциация Интеграция — это объединение множества движений в единое целое на основе их взаимодействия при подчинении всех частных единой цели действия. Интеграция обеспечивается в первую очередь взаимодействиями в системе движений, а также подчинением всех частей общей цели. Первая черта интеграции — взаимодействие в системе движений между ее подсистемами и элементами проявляется в их влиянии друг на друга. Влияние осуществляется как взаимные связи. Если движения в подготовительных фазах выполнены правильно, то в следующих за ними основных исполнительных фазах движения должны быть более эффективны. Ошибка, допущенная в предыдущих фазах, проявляется и в последующих. Связи действуют не только последовательно, они могут вызвать и одновременные изменения в тот же момент времени в движениях других звеньев. Взаимные связи могут проявляться как положительные, полезные, но могут быть и отрицательными, вредными. Другой характерной чертой интеграции служит подчинение общей цели всех частей системы. Оно проявляется в целенаправленности всех движений спортсмена, т. е. в их направленности на решение определенной двигательной задачи. Так, в видах упражнений, входящих в состав 1-й и 2-й групп, практически не бывает лишних, случайных движений. Все они целесообразны, т. е. соответствуют своему целевому назначению. Интеграция двигательного состава в систему означает формирование структур, объединяющих множество движений в системы.

73 Дифференциация — это различие в целой системе множества неоднородных составных частей (деталей), взаимодействующих одна с другой. Дифференциация обеспечивается специализацией элементов системы движений и определением их роли. Различение ряда фаз в системе движений позволяет выяснить, каков ее состав, откуда логический путь ведет к определению ее структуры. Чем больше знает спортсмен о технике, чем лучше ею владеет, тем более тонко он может ее отрабатывать, тем более мелкие, дробные, но важные детали различает. Делить на периоды и фазы можно и всю систему движений в целом, и движения систем звеньев отдельно. Например, в лыжном ходе раньше выделяли только фазы движений ног отдельно и рук отдельно; в этом случае удобно рассматривать взаимодействие рук и ног между собою. Выделив фазы всего скользящего шага в целом, смогли уточнить и эффективность хода в целом и по граничным позам обеспечить технический самоконтроль лыжника. Установление роли составных частей помогает выявить в каждый период подготовки ведущие элементы и структуры, на которые спортсмен должен обращать особое внимание. Необходимо знать, на чем концентрировать, на что своевременно переключать, как распределять на ряд объектов, как сохранять устойчивость внимания. Сознательная техническая подготовка невозможна без дифференциации системы. Наиболее связаны элементы в низовых подсистемах. По мере их укрупнения взаимосвязи слабее, расчленить элементы проще. На изолированном выполнении таких вычлененных подсистем основан подбор подводящих, имитационных, настроечных и других упражнений. Следовательно, дифференциация системы означает большее богатство ее возможностей, использование преимуществ от разделения функций и точного сочетания их. В построении системы движений проявляются тенденции к интеграции состава (объединению частей в целом) и дифференциации системы (расчленению целого на части). Движения в результате сочетания той и другой тенденции развития становятся более объединенными, целостными и в то же время более детализированными. Интеграция и дифференциация осуществляются при применении аналитических и синтетических методов обучения. В одних случаях сначала отрабатывают подсистемы, потом соединяют их, укрупняя постепенно в целостное действие (например, разучивание элементов для построения целостной гимнастической комбинации). В других случаях овладевают упражнением в общем и целом, а потом постепенно уточняют детали (например, прыжок в длину). В процессе тренировки по мере

необходимости то один, то другой метод становится ведущим. Развитие в этих направлениях идет поэтапно, в разных сочетаниях.

2.2. Стабилизация и вариативность

Стабилизация системы движений — это достижение постоянства высокого спортивного результата путем уменьшения влияния сбивающих воздействий (помех), снижающих его. Стабилизация достигается сохранением решающих характеристик в пределах допустимых отклонений, что обеспечивает устойчивость результата, хотя и не сохраняет полной повторяемости всей системы во всех деталях. Надежность выполнения спортивного упражнения во многом зависит от устойчивости (стабильности) системы движений к сбивающим воздействиям. Как известно, при выполнении всегда бывают более или менее значительные отклонения характеристик (рис. 82). Стабилизация — повышение устойчивости — касается не всех особенностей движений, а только главных, решающих для стабилизации важного спортивного результата. Поскольку невозможно полностью устранить отклонения, приходится выявлять характеристики, определяющие результат упражнения, и удерживать их отклонения в пределах, выход за которые снижает результат. В 1-й группе упражнений решающими являются кинематические характеристики, поскольку требуется выполнить заданную внешнюю картину движений. Во 2-й группе это динамические характеристики. В 3-й группе это преимущественно требования к точности (пространственной, временной, точности усилий), к завершающему моменту действия для рабочих точек тела спортсмена. Различают пределы фактических отклонений и **д о п у с т и м ы х** (рис. 82, б). Отклонения техники в допустимых пределах еще не снижают существенно спортивный результат. Следовательно, постановка задачи стабилизации системы движений означает стремление сохранить результаты упражнения, а не все ее особенности. Вариативность — это организация неизбежной изменчивости структур в системе с целью обеспечения стабильности высокого результата. Вариативность обеспечивается установлением изменчивых приспособительных и коррекционных структур, приводящих к сужению диапазона отклонений решающих характеристик рабочих точек в ответственные фазы. Неизбежные отклонения элементов и структур, выявляемые по характеристикам движений, имеют различное значение. Приспособительные, компенсаторные и коррекционные изменения каждые по-своему преследуют цель сохранения отклонений в допустимых пределах: Приспособительные и компенсаторные — снижая возможность будущих существенных отклонений, коррекционные — устраняя уже возникнувшие отклонения. Предварительные полезные изменения зависят от чувствительности органов, сигнализирующих о приближении возмущающих воздействий, а также от быстроты и точности реакции управляющего и исполнительного аппаратов. Рис. 83. Индивидуальные особенности отталкивания у двух спортсменов (а и б) по динамограммам: / — в кроссовом беге; 2 — и спринте; 3 — в разбеге при прыжке в длину (запись 1-я в два раза медленнее, чем остальные) (по В. К. Бальсевичу) Возмущающими действиями бывают: действия противника, ошибка партнера, собственное психическое состояние, утомление, травма, неожиданные изменения окружения и др. Как видно, помехи могут быть очень разнообразными. Они по-разному влияют на самые различные особенности движений. Отсюда вытекает требование многомерности помехоустойчивости — готовности к борьбе с разнообразными помехами. Следует отметить, что это повышает и общую помехоустойчивость к любым, даже не встречавшимся ранее, помехам. По мере повышения мастерства наблюдается увеличение характеристик движений рабочих точек, уменьшение их разброса. Это особенно проявляется в ответственные фазы, по решающим характеристикам. Допустимые пределы приспособительных изменений, наоборот, расширяются. При овладении упражнением у новичка сначала увеличиваются отклонения (поиск решения), а потом их диапазон сужается (выработка оптимальной системы). Это лишь самые общие закономерности, которые претерпевают многие изменения в конкретных условиях (контингенты, упражнения, этап овладения, характеристики, точки тела, фазы и др.). Следовательно, целенаправленная вариативность системы означает

борьбу с помехами для стабилизации результата, что повышает надежность выполнения упражнения. С этой точки зрения справедливо говорить о вариативности, стабилизирующей систему.

2.3. Стандартизация и индивидуализация Стандартизация — это обеспечение требований к современной, наиболее рациональной, эффективной технике. Стандартизация осуществляется определением предела допустимых отклонений (приспособительных и индивидуальных). В каждый период развития спорта существует так называемая «современная» техника. Она отвечает требованиям правил соревнований. Это наиболее эффективная техника, сложившаяся в результате поиска, отбора и закрепления в практике наиболее совершенного. Образец в технике обозначают терминами «стандарт» (англ.) и «эталон» (франц.). Но стандарт и эталон принципиально отличаются друг от друга. Стандарт предусматривает определенные допуски — разница между наибольшим и наименьшим значением предельного отклонения. Эти отклонения в зависимости от практических требований могут быть значительными. Эталон — это очень точный образец для измерения. В нем тоже есть погрешности, но они должны быть исчезающе малы. Следовательно, поиски эталона техники предполагают стремление технику всех спортсменов, независимо от их индивидуальных особенностей, сделать одинаковой. Поиски стандарта означают признание факта вариативности техники, понимание не только неизбежности, но и необходимости отклонений — приспособительных и коррекционных. Стандартизация означает определение основ техники, которые должны оставаться одинаковыми для всех на современном этапе. При этом обязательно предусматривается допустимость приспособительных и индивидуальных отклонений. Индивидуализация техники — это приведение техники в соответствие с индивидуальными особенностями спортсмена, обеспечивающее высокую эффективность усилий. Индивидуализация достигается отражением в технике положительных особенностей спортсмена. По современным представлениям функциональные возможности двигательной деятельности изучаются в виде комплекса двигательных качеств, основные из которых — сила, быстрота, выносливость. Каждое из названных качеств имеет ряд особенностей, в той или иной степени связанных между собой (например, статическая и динамическая сила, быстрота реакции, быстрота одиночного движения, общая выносливость, силовая выносливость и др.). Уровень и характер функциональных возможностей зависит от развития и соотношения всех видов двигательных качеств. Для каждого вида спорта или спортивных упражнений характерны определенные профили развития видов качеств. Техника каждого спортсмена обусловлена его индивидуальным профилем физического развития.

75 Типовые особенности телосложения и подготовленности спортсменов позволяют находить «типовую» индивидуализацию техники для спортсменов этого типа. А сугубо личные особенности требуют уже «персональной индивидуализации». На характер техники спортсмена влияют его телосложение и функциональные возможности. К особенностям формы и строения тела, влияющими на технику, относятся рост, длина звеньев тела как рычагов и маятников, пропорции частей тела, масса звеньев тела, их моменты инерции. Следовательно, индивидуализация означает как приспособление техники к особенностям спортсмена, так и развитие его функциональных возможностей соответственно требованиям техники. Таким образом, техника вырабатывается в соответствии со стандартом, индивидуализируется и приспособляется к конкретным условиям выполнения, включает в себя общие, индивидуальные и конкретные особенности.

2.4. Соотношение произвольности и автоматизма в управлении Произвольность — это способность человека по своей воле «вызывать, прекращать, усиливать и ослаблять движение» (И. М. Сеченов). Человек управляет движениями произвольно при очень значительном удельном весе автоматического управления. Вся сознательная активная деятельность спортсмена — произвольная. Внимание к деталям движений организовано волей. Волевые действия, руководимые сознательно поставленной целью и характеризующиеся преодолением препятствий, во многом зависят от информации,

воспринимаемой при наблюдении. Автоматизм — это способность выполнять движения легко, точно, без обязательного произвольного контроля на уровне отражения в сознании. Автоматизация управления приводит к более прочному, совершенному выполнению движения, что позволяет уменьшать произвольный контроль над движениями и переключать внимание с движений на другие объекты. Сочетание произвольности и автоматизма вырабатывается в процессе тренировки, создаются способность и навыки переключения внимания с деталей движений на более общие задачи (достижение цели, борьба с помехами и др.). Безусловнорефлекторные элементы действия всегда автоматические. По мере овладения техникой многие особенности и детали движений уходят из-под произвольного контроля и управления, становятся автоматическими. В спортивной технике активное внимание и волевые усилия обращаются на соответствующие особенности движений, что приводит к Повышению качества их выполнения. Соотношение произвольности и автоматизма зависит от особенностей системы движений, степени овладения ими, условий выполнения, причин, требующих произвольного контроля и волевых усилий.

2.5. Фиксация и прогрессирование Фиксация как закрепление освоенного — необходимое условие для дальнейшего прогресса. Но чрезмерная фиксация препятствует перестройке системы движений и исключает дальнейшее прогрессирование. Научение как результат обучения (извне) и самообучения невозможно без фиксации (закрепления) достигнутого. Но фиксация освоенного как основа прогрессирования (дальнейшего развития, перестройки движений) сама может стать тормозом совершенствования. Чрезмерно фиксированные скорости движений, их ритм, темп, размах, а также позы, усилия представляют собой своего рода «барьеры», «потолки», препятствующие дальнейшему росту. Причина чрезмерной фиксации в однообразии применяемых средств, методов и организуемых условий тренировки. Монотонность условий и содержания тренировочных воздействий — одно из наиболее частых препятствий в прогрессировании технического мастерства. Надо добиваться тренировки программы перестройки программ как способа борьбы с чрезмерной фиксацией, по выражению Л. А. Орбели — «тренировки тренируемости».

3. ПУТИ ОВЛАДЕНИЯ ТЕХНИКОЙ И ЕЕ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ Для того чтобы совершенствовать систему движений, надо ее сначала сформировать. Поскольку и формирование и совершенствование есть по сути перестройка системы, граница между ними условная. Формирование системы можно считать в основе завершенным, когда она позволяет достаточно полно использовать двигательные возможности.

3.f. Формирование и перестройка систем движений Формирование системы движений происходит при многократной смене задач ознакомления, освоения и применения — каждый раз на более высоком уровне требований. Это продолжается до тех пор, пока не будет достигнуто уверенное применение разучиваемого упражнения с достаточно полным использованием наличных двигательных возможностей для получения результата. Формирование системы движений происходит неравномерно, поэтапно, что отражает этапы развертывания физиологических механизмов управления (генерализация возбуждения, его концентрация, автоматизация движений как упрочение складывающихся отношений между процессами).

Однако отчетливое следование этой схеме теоретически возможно лишь в случае, если изучаемое движение: а) настолько просто, что не имеет подсистем, и б) настолько ново, что не может быть использован накопленный двигательный опыт. Так как подобных случаев в практике не бывает, то всегда в том или ином порядке подсистемы формируются и получают свое место в целой системе. У разных людей двигательный опыт (ранее выработанные подсистемы) столь различен, что одинаковые пути формирования системы не встречаются, хотя в основе их лежат общие физиологические закономерности. В реальных условиях в построении системы движений друг друга сменяют не единые для всех случаев стадии овладения навыком, а процессы решения групп общих задач: ознакомление, освоение и применение. Они повторяются многократно для элементов, подсистем, объединений подсистем, для всей системы—по разным

характеристикам, с разной степенью глубины. Ознакомление с упражнением (до возникновения ясности задачи обучения) включает: теоретическое понимание внешней картины и особенно механизма движений; зрительное восприятие выполнения действия или его элементов; формирование двигательного ощущения при попытках выполнения с помощью подводящих упражнений или сразу изучаемого движения. Рассказ, показ и проба — три пути создания модели изучаемого упражнения, психологической структуры, зрительного образа, синтеза двигательных ощущений — формирования двигательного образа в целом. Освоение разучиваемого упражнения (до появления возможности его безотказного выполнения) происходит аналитико-синтетическим путем в зависимости от особенностей упражнения, подготовленности ученика, быстроты и прочности освоения и других факторов. Работа по частям — создание сначала подсистем, а потом их объединение (интеграция). Работа по элементам — создание в общем виде целого, а потом его расчленение (дифференциация), совершенствование деталей. Оба приема могут чередоваться, неоднократно сменяя друг друга. Применение упражнения для получения результата направлено на повышение эффективности движений и обеспечение надежности их выполнения. Первая задача решается вначале в оптимальных условиях, способствующих выполнению упражнения. Для решения второй применяются меняющиеся все в большей степени условия, специальное включение помех. После завершения (в основном) формирования системы движений наступает длительный путь становления и совершенствования технического мастерства (ограниченный только концом спортивной деятельности). Если при овладении техникой необходимо было сформировать систему движений, то здесь требуется ее неуклонное прогрессивное совершенствование. Оно тесно связано с повышением функциональных возможностей, развитием двигательных качеств. Для совершенствования мастерства нужно лучше использовать возможности спортсмена и целенаправленно повышать их. Становление спортивного мастерства происходит, как и овладение техникой, также неравномерно, по этапам. Эти этапы зависят от вида упражнения и цели их применения. Например, при совершенствовании динамической структуры вначале наблюдается поисково-приспособительная деятельность (1-я стадия). Спортсмен учится решать задачу экономично, акцентируя мышечные усилия и используя значительные реактивные силы в тех фазах, где это наиболее целесообразно. Во 2-й стадии активного взаимодействия со средой спортсмен с высокой эффективностью использует свои возросшие двигательные возможности. В 3-й стадии — стадии подчинения внешних сил — наиболее успешно использует их для решения задачи. В эти три стадии физическое совершенствование и умение использовать свои возможности нарастают неравномерно. Лишь в третьей стадии темпы роста в обоих направлениях сближаются. Сопряженное воздействие в физической и технической подготовке способствует росту результатов на высшем уровне.

4. Психологический аспект управления двигательными действиями Психологическая установка на выполнение двигательного действия («двигательная установка»). Следует различать установку на данный тип двигательной деятельности (например, на бег, прыжки или игру в баскетбол) и установку на данное конкретное действие (например, на прыжок в длину с разбега или на активное приземление в конце прыжка). Установка представляет собой в некотором роде проект и подготовку решения двигательной задачи. Это значит, что спортсмен предпринимает характер двигательной деятельности, состав и структуру системы движений, распределение внимания, оценочные критерии и систему контроля двигательной деятельности и даже частных действий, но все это в самых общих чертах. В плане решения двигательной задачи происходит определенная организация мышечного тонуса, целенаправленная перестройка работы внутренних систем и органов энергообеспечения, адекватная настройка системы активной афферентации и даже известная эмоциональная настройка. Нередко в рамках двигательной установки подсознательно происходит «черновая» идеомоторная подготовка к предстоящим двигательным действиям. Под непосредственным воздействием двигательной установки

«извлекается» из памяти и по мере необходимости достраивается или перестраивается смысловая программа действия (действий), раскрывающая смысловое содержание двигательных действий и наиболее значимых их деталей, а также определяющая их место в общей системе движений и действий, смысловую взаимосвязь движений и действий внутри системы, т. е. ее смысловую структуру. Мобилизуются, приводятся в состояние готовности соответствующие предстоящей деятельности «разделы» памяти, что обеспечивает более оперативное извлечение из нее необходимой информации. 77 В зависимости от масштаба двигательной установки, т. е. от объема охватываемой деятельности, в той или иной мере конкретизируются и детализируются названные ее компоненты. Обычно создается иерархическая система установок: в рамках и на основе более общих формируются и реализуются более узкие, а в их рамках и на их основе еще более узкие. Двигательная память. Темпы и качество овладения спортивной техникой во многом зависят от развития двигательной памяти. Двигательная память спортсмена — способность воспроизводить ранее уже реализованные системы движений и действий. При плохой двигательной памяти приходится многократно разучивать одни и те же упражнения, отдельные их детали, проделывать одну и ту же работу по исправлению ошибок. Двигательная память тренируема и в процессе занятий спортом совершенствуется. Однако совершенствование ее происходит значительно быстрее, если спортсмен все время контролирует и анализирует свои двигательные действия, держит их, по образному выражению И. П. Павлова, «в светлом пятне сознания». В частности, в этом случае двигательная память меньше «засоряется» ошибками (которые ведь тоже могут запоминаться). Эмоции и двигательная деятельность. Механизм эмоций эволюционно сложился как один из основных регуляторов восприятия и поведения. В двигательном аспекте это означает следующее. В меру выраженные положительные эмоции, приводят к повышению двигательных возможностей человека. Они способствуют возникновению и поддержанию интереса к выполнению упражнений, чувства уверенности в себе, повышают работоспособность, внимание, тонкую координацию движений. Однако сильно выраженные положительные эмоции чаще мешают полноценной двигательной деятельности, чем способствуют ей: наряду с чувством уверенности в себе у спортсмена появляется склонность к переоценке своих сил, преувеличению своих двигательных возможностей. Иной раз это помогает добиться особенно высокого результата, но гораздо чаще приводит к неудаче. Сильные положительные эмоции влекут за собой неустойчивость внимания, снижение самокритичности, огрубление афферентного и смыслового (логического) контроля движений, приводят к неадекватным реакциям. Кроме того (и это необходимо принимать во внимание), такое состояние часто неустойчиво, и первая же неудача может привести спортсмена в состояние уныния, апатии и т. п. Поэтому сильные положительные эмоции следует снижать (если, конечно, тренировка или соревнования не остались позади). Отрицательные эмоции очень разнообразны. Такие эмоции, как грусть, уныние, печаль, отчаяние и особенно страх, безусловно, вредны и с ними необходимо бороться. Но вот к эмоциям тревоги, раздраженности, гнева столь безапелляционный подход неразумен. Отрицательные эмоции неразрывно связаны с выделением в кровь значительного количества гормона адреналина, от которого зависят их некоторые важные особенности. Адреналин вызывает, в частности, повышение кровяного давления, улучшение кровоснабжения сердечной мышцы и вообще работающих мышц (а значит, и повышение их работоспособности), стимуляцию дыхательной и сердечной деятельности, уменьшение времени моторных реакций, повышение возбудимости зрительного анализатора и понижение возбудимости болевого. В эмоции тревоги (если она умеренна по силе) для спортсмена полезно то, что под ее влиянием резко повышается устойчивость и напряжение внимания, обостряются восприятия, она заставляет более критически подходить к оценке ситуации, настраивает на значительные волевые усилия для достижения цели. Однако эмоция тревоги не должна долго владеть спортсменом, ее должна «перекрыть» так называемая «спортивная злость».

Раздраженность и гнев можно считать различными по силе вариантами одной эмоции. Для них характерны более выраженные, чем при тревоге, мобилизация воли, стимуляция сердечно-сосудистой и дыхательной систем, повышение возбудимости нервно-мышечного аппарата и вместе с тем стереотипизация действия, нарушение тонкой координации движений, дезорганизация внимания. Раздраженность и гнев также необходимо трансформировать в «спортивную злость» — тогда отрицательные сдвиги, характерные для этих эмоциональных состояний, смягчаются. В рассматриваемом плане к отрицательным эмоциональным состояниям тесно примыкает и такая нейтральная эмоция, как стартовое возбуждение. Она также неразрывно связана с выделением в кровь повышенного количества адреналина. Есть множество сторонников точки зрения (можно даже сказать, что в спортивной педагогике она господствует), согласно которой стартовое возбуждение надо обязательно подавлять, стараться «нормализовать» психическое состояние спортсмена на соревнованиях. На это обычно направлена и аутогенная подготовка к выступлению непосредственно перед ним и задолго до него. Между тем такая тактика целесообразна только в тех случаях, когда возбуждение настолько сильно, что спортсмен теряет действенный контроль над собой. Разумно снизить степень возбуждения (но не снять его совсем) — это снизить настолько, чтобы спортсмен мог уверенно сохранять двигательный самоконтроль. Ниже этого уровня — неразумно, поскольку спортсмен лишится серьезных преимуществ, даваемых состоянием стартового возбуждения: повышения силовых и скоростных возможностей мышечной системы, работоспособности организма, реактивности. Стартовое (или соревновательное) возбуждение подчас позволяет спортсмену добиться таких высоких результатов, какие недоступны для него в спокойном, уравновешенном состоянии. 78 Таким образом, при сохранении двигательного самоконтроля стартовое возбуждение выгодно, и чем оно выше (при названном условии), тем лучше. Поэтому надо стараться научиться двигательному самоконтролю при возбуждении, что позволит без вреда поднять его уровень. Видимо, именно это главный путь преодоления вносимых стартовым возбуждением отрицательных явлений, а не снятие, самого возбуждения. 5. Проблема целесообразной индивидуализации выполнения упражнения Представляется полезным четко различать между собой понятия «техника упражнения» и «техника выполнения упражнения». Техника упражнения — это объективный по содержанию и по форме план эталонной системы частных действий, обеспечивающий в стандартной ситуации хорошее выполнение данного упражнения достаточно физически подготовленным спортсменом. План строится на основе чьего-либо личного или коллективного двигательного опыта и определенных биомеханических (в некоторых видах спорта еще и эстетических) представлений. Проявляется тенденция к совершенствованию техники упражнения по мере развития соответствующего вида спорта. Техника выполнения упражнения носит смешанный, объективно-субъективный характер. Это программа частных действий и движений, которую на основе знания техники упражнения спортсмен составляет применительно к себе и старается реализовать для наиболее целесообразного решения двигательной задачи в данном упражнении. Движения и действия программируются в основном как субъективные афферентные комплексы: динамические воздействия — как усилия, движения — как их видимая и вообще ощущаемая самим спортсменом картина, вместо моментов начала движений и действий — моменты начала соответствующих усилий (с необходимым упреждением) и т. п. Вместе с тем в план могут быть включены и объективные компоненты: основанные на виденном представлении об общей картине движений и частных действиях и движениях; основанные на двигательном опыте и теоретических предпосылках представления о промежуточном и конечном результатах выполнения упражнения и др. Техника выполнения упражнения данным спортсменом может совершенствоваться и при неизменной технике упражнения. В процессе выполнения упражнения рождается его реализованная техника: система движений и действий, представляющая собой конкретную реализацию техники упражнения. В

повторных попытках она может быть совершенно различной, что зависит от внешних и внутренних причин, в том числе и от случайных факторов. В конечном итоге спортсмена интересует именно реализованная техника упражнения; техника упражнения и техника выполнения упражнения для него лишь средства достижения реализованной техники упражнения. Следовательно, логично ставить вопрос об их адекватности особенностям двигательной ситуации и индивидуальным особенностям спортсмена. Вопрос этот уже обсуждался в некоторых работах, поэтому здесь можно ограничиться конспективным его освещением, хотя ряд положений изложен поновому. Техника упражнения может быть нормализованной (для стандартной двигательной ситуации), сочетательной (измененной в связи с непосредственно предшествующими или последующими упражнениями, двигательно тесно связанными с данным, а также в связи с действиями противника или партнера), ситуационной (измененной в связи с особенностями противника, самого спортсмена, двигательной ситуации), индивидуальной (соответствующей индивидуальным двигательным особенностям спортсмена и его биомеханическим и эстетическим представлениям), поисковой (варианты техники упражнения, рассматриваемые и опробуемые в порядке разработки новой техники известного или нового упражнения). Техника выполнения упражнения может быть адекватной или неадекватной избранному варианту техники упражнения. При этом следует иметь в виду, что одна и та же техника выполнения упражнения может быть по отношению к соответствующей технике упражнений для одного спортсмена адекватной, для другого — неадекватной; вместе с тем одинаково адекватными для разных спортсменов могут оказаться существенно различающиеся варианты техники выполнения упражнения. В видах спорта, где существен эстетический фактор, техника выполнения упражнения может иметь различную стилевую окраску (то, что часто называют манерой исполнения: сухая, мягкая, мужественная, темпераментная, лиричная, изящная и т. д.). Техника выполнения упражнения может быть более или менее надежной (ее состав и структура более или менее надежны в реализации), более или менее целесообразной (более или менее адекватной двигательным возможностям и особенностям спортсмена в той или иной ситуации), а также более или менее тонкой (в ней могут быть предусмотрены большая или меньшая детализация и точность пространственных и временных компонентов). Реализованная техника упражнения есть также и результат процесса реализации техники выполнения упражнения. Этот процесс применительно к данному спортсмену может характеризоваться большей или меньшей точностью, стабильностью, надежностью. Реализованная техника упражнения может быть оценена по качеству: отличная, хорошая, удовлетворительная и т. п. (градации могут быть и другими), по степени удачности выполнения, а также по степени адекватности избранному варианту техники упражнения. Вопрос о целесообразной индивидуализации техники выполнения упражнений имеет огромную практическую важность. Если техника упражнения, как правило, плод огромного коллективного опыта и 79 лишь очень немногим удается внести в нее эффективные изменения, то становление техники выполнения упражнений — дело каждого спортсмена и тренера, и возможности ее совершенствования неисчерпаемы. Спортсмен и тренер просто вынуждены все время искать пути и способы совершенствования субъективных и объективных (главным образом, субъективных) компонентов техники выполнения упражнений. Одним из важнейших резервов здесь является целесообразная индивидуализация. Образно говоря, спортсмен должен разумно, со знанием дела подогнать «по своей фигуре» (по своим двигательным особенностям) «полуфабрикат» — стандартизованную, обобщенную, тем самым обезличенную технику выполнения упражнения, которая для всех является первым ориентиром на пути освоения упражнения. Здесь следует затронуть вопрос о вариативности выполнения двигательных и частных действий. Н. Г. Сучилин (1978) предложил различать оптимальный и допустимый диапазоны вариативности выполнения упражнения, подразумевая под первым такой, рамки которого ограничивают безошибочное выполнение действия, под

вторым — такой, рамки которого гарантируют приемлемое его выполнение, т. е. в достаточной мере эффективное. Рассматривая упражнения спортивной гимнастики, он имел в виду геометрические и кинематические характеристики системы движений. Думается, можно с полным правом распространить эту классификацию и на ритмические и динамические характеристики. По-видимому, выделение таких диапазонов вариативности целесообразно. Однако обозначение первого из них представляется не совсем удачным, поскольку термин «оптимальный» несет в себе скрытую ссылку на процесс оптимизации, с которым не связано обозначаемое понятие. Можно думать, больше здесь подходит термин «нормализованный», отражающий не только безошибочность выполнения, но и закономерность изменения этого диапазона с изменением требований к нормализованной технике соответствующего упражнения или действия. Термином же «оптимизационный» представляется логичным обозначить третий вид диапазона, определяющий целесообразную для данного спортсмена в данной ситуации (внешней и внутренней) максимальную вариативность, являющуюся следствием оптимизации выполнения с учетом всех основных определяющих факторов (физической, технической и психической подготовленности спортсмена, его текущего состояния, особенностей соревновательной или тренировочной ситуации, внешних условий деятельности и др.). Таким образом, целесообразно различать нормализованный, допустимый и оптимизационный диапазоны вариативности выполнения двигательных и частных действий.

6. Надежность выполнения упражнений и действий

Надежность и стабильность. Надежность—это обобщенная функциональная характеристика, количественно измеряемая вероятностью удачной попытки выполнить упражнение в заданных условиях. Вероятность выражается в процентах или в долях единицы — как отношение ожидаемого числа удачных попыток к общему их числу. Надежность следует отличать от стабильности, хотя эти характеристики в известной мере и связаны между собой. Стабильно хорошее (выше удовлетворяющего качественного уровня) выполнение упражнения является в то же время и надежным, надежность же выполнения чаще всего сопровождается его стабильностью. Однако имеется и принципиальное различие между этими понятиями, которое нельзя игнорировать. Стабильность выполнения упражнения характеризуется степенью однообразия, одинаковости, совпадения попыток выполнения упражнения; стабильность результата — степенью его разброса. Чем меньше различие, тем выше стабильность. Например, выполнение фигуристом программы каждый раз на оценку 4,1—4,2 балла следует охарактеризовать как в высшей степени стабильное, куда более стабильное, чем при колебании оценки в диапазоне 5,5—5,8 балла. Не очень опытный теннисист весьма стабильно принимает слева сильные подачи: в девяти случаях из десяти отправляет мяч в верхний край сетки прямо перед собой. Его товарищ проделывает то же самое лишь в трех случаях из десяти, а в семи — переправляет мяч на площадку противника. У первого стабильность много выше. Таким образом, стабильность совсем еще не гарантирует нужного качества выполнения упражнения, она лишь свидетельствует о высокой его воспроизводимости. Что касается надежности, то дело обстоит иначе. Устанавливается нижняя граница удовлетворяющего эффекта выполнения упражнения. Все, что выше этой границы, засчитывается как удача, ниже — неудача. Так, если оценка фигуриста 5,5 балла устраивает его или команду, то диапазон результатов 5,5—5,8 балла определяет чрезвычайно высокую надежность, а диапазон 4,1—4,2 балла — нулевую. В примере с теннисистом в первом случае надежность не более 0,1 (10%), во втором (если спортсмена устраивает любой результат удара, кроме непосредственной потери очка) — 0,5 (50%). Таким образом, оценки надежности и стабильности полностью разошлись. И все же увеличение стабильности выполнения упражнений, частных действий и их деталей, характеризующее в большинстве случаев совершенствование и автоматизацию навыков, представляет собой один из главных путей повышения надежности выполнения упражнений. Конечно, не всегда и не во всем стабильность хороша и даже допустима. Излишняя стабилизация действия (как говорят, «жесткость»

навыка) снижает его надежность. Но, например, в гимнастических упражнениях, в прыжках в воду и на батуте, в метаниях нужна высокая стабилизация деталей действий (в нормальной ситуации); вариативность навыка целесообразна главным образом в изменчивой двигательной ситуации, а также для компенсации допущенных двигательных ошибок. 80 Другие факторы надежности выполнения упражнений. Помимо стабильности выполнения действий важны и другие факторы. Вот основные из них. 1. Функциональная избыточность необходима для того, чтобы компенсировать неизбежные при выполнении упражнений двигательные ошибки и неизбежно возникающие, не зависящие от спортсмена двигательные осложнения. Функциональная избыточность поддается интенсивному развитию целенаправленной тренировкой. 2. Дублирование действий в ряде случаев дает возможность существенно повысить их надежность или надежность двигательной деятельности, особенно если требуется добиться высокой надежности системы, включающей в себя недостаточно надежные элементы. Например, неудавшийся прием может привести борца к поражению, но может и не доставить сколько-нибудь существенных неприятностей, если, предвидя такую неудачу, он подготовит другой прием или нормализующее положение действие и перейдет к его выполнению, едва заметив, что основной прием не удался. 3. Эффективность работы системы, обратной связи позволяет выполнять намеченные действия в соответствии с программой и тем самым повышает надежность выполнения упражнения. Здесь особо следует отметить три компонента: адекватную афферентацию обратной связи, рациональную афферентную программу, хорошо организованную систему сличения и мобилизации метапрограмм.

1.7. Биомеханика физических упражнений

1. Методы качественного биомеханического анализа
2. Правила качественного биомеханического анализа
3. Приемы анализа
4. Типичные ошибки качественного биомеханического анализа

Методы качественного биомеханического анализа Выбор методов и приемов, а также глубина и достоверность КБА во многом зависят от формы и содержания отправных данных. В большинстве случаев их приходится активно добывать, но иногда они «приходят» в готовом виде: литературные материалы, кинограммы или другие фото- и киноматериалы, собственные старые материалы. Отправные данные могут быть разных видов и иметь различные источники. Для тренера главный источник—наблюдение, для спортсмена — самонаблюдение. Конечно, различие этих источников очень велико. Самонаблюдение. К сожалению, не все спортсмены и тренеры придают самонаблюдению должное значение, не все ведут его активно и сознательно, продуманно и планомерно. Тем не менее оно всегда в 88 тех или иных масштабах имеет место хотя бы как спонтанный, стихийно стимулируемый и осуществляемый процесс, продиктованный необходимостью либо случайными обстоятельствами. Таким образом, тренировка в самонаблюдении идет постоянно, так что с ростом спортивного стажа соответствующие умения совершенствуются. Вряд ли можно сомневаться в том, что эффективность самонаблюдения значительно выше в тех случаях, когда оно представляет собой планомерный, целиком осмысленный и, главное, целенаправленный процесс, когда перед спортсменом ставятся долгосрочные задачи, вырабатывается адекватная задачам тактика и методика фиксации ощущений и восприятий. Чтобы само наблюдение было в достаточной мере эффективным, спортсмен должен вполне определенно знать, что именно наблюдать, как и зачем. И чем точнее он знает это, тем точнее замечает и дифференцирует. Каковы объекты самонаблюдения, что спортсмен может контролировать? Главным можно считать следующее. 1. Общий характер выполнения упражнения. Имеется в виду оценка легкости выполнения упражнения, степени гармонической слитности его деталей, согласования частных действий, результативности. Сюда же относится оценка эстетичности выполнения (в тех видах спорта, где эта характеристика существенна). 2. Общая форма системы (общий рисунок) движений, особенности пространственной и временной взаимосвязи внешних форм движений. Форма движений в ряде видов спорта является определяющим фактором—это общеизвестно и не нуждается в комментариях. Поэтому следует заострить внимание на том, что во всех без исключения физических упражнениях форма отдельных движений является, во первых, отражением развиваемых спортсменом усилий в сочетании с действием внешних сил, а во вторых—условием той или иной эффективности развития и приложения мышечных усилий, как и использования (либо уменьшения вредного действия) внешних сил. 3. Форма отдельных деталей движений. Данные о ней нужны для тонкого анализа движений. Обычно удается сравнительно уверенно и точно проконтролировать форму не более чем 1—2 деталей движений. Попытка «глобального» контроля приводит обычно к тому, что как следует заметить ничего не удастся. 4. Ритм движений и частных действий. В ряде случаев такой контроль лучше удастся при использовании звуковой модели ритма (обычно мысленно воспроизводимой). Самоконтроль ритма движений и частных действий— это, по сути дела, дополнительный косвенный контроль за их динамикой, ритмической стороной процессов напряжения и расслабления основных работающих мышечных групп, 5. Темп движений. Самоконтроль темпа движений особенно важен при выполнении упражнений (или действий) циклического характера. Он требует специального навыка, специфического «чувства

темпа», которое развивается направленной тренировкой. Говоря о темпе движений, следует иметь в виду и дыхательные движения. 6. Точность движений. Контроль за точностью движений и частных действий требует умения распределять внимание, особенно в тех случаях, когда одновременно решаются и другие двигательные задачи. Осуществляется он как по результатам двигательного действия, так и по промежуточным ориентирам, в основном проприорецептивным. 7. Динамика движений и действий. Этот самоконтроль бывает довольно сложен, особенно в условиях соревнований, когда проприорецептивные оценки в той или иной мере искажаются в связи с эмоциональным напряжением. Компенсация и предупреждение искажений достигаются опытом самоконтроля именно в соответствующих ситуациях. Наблюдение. И спортсмен, и тренер имеют огромные возможности получения отправных данных К.БА путем наблюдений: спортсмен—над другими спортсменами, тренер, кроме того, и над тем спортсменом, чью технику выполнения нужно подвергнуть анализу. Наблюдения обычно достовернее самонаблюдений и по другой причине: их проводит тренер, человек опытный, тогда как возможности спортсмена (его знания, умения, навыки) значительно ниже. Не следует забывать, что хотя объекты наблюдения и самонаблюдения часто одинаковы, получаемая информация нередко различается по существу, по смысловому содержанию, и всегда— по форме. Поэтому наблюдение и самонаблюдение— взаимодополняющие процессы, составляющие в случае их удовлетворительной координации систему, благодаря чему получаемая информация не просто суммируется: во многих случаях при сопоставлении появляется информация, не содержащаяся ни в наблюдениях, ни в самонаблюдениях, взятых порознь; возникают уверенность или сомнение в объективности полученной информации и выводов из нее, которых не было бы при использовании одного источника и которые порой совершенно необходимы для формирования правильных представлений. Помимо перечисленных общих объектов наблюдения и самонаблюдения, следует назвать ощущения при поддержке и помощи: тренер может извлечь из них ценную косвенную информацию о выполнении спортсменом данных действий (как о динамике, так и о кинематике). Информация, которую получает тренер, осуществляя поддержку или помощь, ценна уже потому, что она отличается от визуальной информации по модальности: тренер получает ее от своих проприорецепторов и кожных рецепторов. Но не только в этом дело: главное в том, что это информация о динамике выполнения спортсменом данного действия, причем не о тех усилиях, которые он развивает, а об отклонениях от должных усилий. Иными словами, это прямая информация о том, как надо изменить систему усилий, чтобы выполнение действия было правильным. Наконец, очень важно, что тренер может получить представление о возможностях спортсмена в выполнении таких деталей действия, которые были ему недоступны из-за плохого выполнения других деталей, компенсируемого поддержкой или помощью. Одна из серьезных задач наблюдения — получение информации об эволюции выполнения спортсменом рассматриваемого действия или упражнения, а также об изменениях в выполнении данного и других действий в связи с влиянием различных внешних и внутренних факторов. Конечно, это в большей или меньшей мере должно быть и объектом самонаблюдения. Использование изображений двигательных действий. Изучение изображений двигательных действий, уступая во многом прямому за ними наблюдению, обладает рядом преимуществ (например, снимаются или существенно уменьшаются временные ограничения для сбора информации, появляется возможность прямого измерения ряда пространственных соотношений. Изображения двигательных действий можно классифицировать по их функциональным педагогическим свойствам (схема 18). Схема 18. Классификация изображений двигательных действий: 1 — фотографии, 2—слайды и диафильмы, 3—стоп-кадры киноматериалов. 4 — кино- и контурограммы, 5—циклограммы, 6, 18, 20 — хронограммы, 7— «сырые» материалы киносъемки. 8 — видеозапись, 9 — простые кинокольцовки, 10 — разработанные кинокольцовки, 11—простые кинофрагменты, 12—разработанные учебные

кинофрагменты и кинофильмы. 13—схемы действий, 14— зарисовки отдельных поз, 15— зарисовки серии последовательных поз, 16— модельные копии, 17 — копирующая демонстрация, 19—схемы. 21 — рисунки отдельных поз, 22—рисунки серии последовательных поз, 23 — модельная демонстрация, 24—демонстрация действия с условностями, облегчающими его выполнение и анализ. Объективные изображения получают с помощью кино-, фото- или видеоаппаратуры. Для КБА могут быть использованы как съемки данного спортсмена во время выполнения им рассматриваемого упражнения, так и съемки других спортсменов и других упражнений, причем материал съемок может быть оформлен и обработан по-разному. Хронограммы составляют либо по материалам киносъемки (видеозаписи), либо с помощью секундомера с визуальным определением развития движений во времени. Неподвижные объективные изображения позволяют довольно точно воспроизвести картину зафиксированных моментов двигательного действия и его деталей, подвижные—его общую картину (в случае рапидной съемки или замедленного показа можно разглядеть действие подробнее и точнее). Копирующие субъективные изображения могут в известной мере заменить объективные и применяются либо в связи с отсутствием последних, либо в целях экономии времени. Конструируемые изображения позволяют лучше анализировать невыполнявшиеся двигательные действия, воображаемые варианты техники упражнения и т. д. Поэтому такие изображения не могут быть заменены объективными. Конечно, конструируемые изображения можно оформить с помощью фото- или киноаппаратуры, но это не меняет их принципиальной сущности. Опрос. Это очень информативное средство получения данных для анализа. С помощью опроса спортсмен или тренер пополняет свои собственные наблюдения и, проверяет их. Следует, однако, заметить, что опрашиваемый очень часто—сознательно или подсознательно—старается передать не просто свои наблюдения «в чистом виде», а какую-то свою версию замеченного, что имеет и положительную и отрицательную стороны. Версия может быть удачной, отвечающей истине, и тогда все наблюдения будут точнее, тоньше, глубже. Но версия может оказаться ошибочной, и тогда наблюдения опрашиваемого нередко подсознательно деформируются, искажаются. Это легко может ввести в заблуждение опрашивающего, особенно когда его собственные наблюдения расплывчаты и неполны (либо если он себе не очень доверяет). Использование приборных данных. В КБА могут быть с успехом использованы данные проведенных ранее исследований: материалы измерений, обработанные результаты, выводы. Кроме того, некоторые приборы настолько просты и требуют для измерений такого незначительного времени и внимания, что могут без ущерба для решения других задач тренировки применяться в ее процессе, а полученные данные—в анализе выполнения упражнений (измерения с помощью секундомера, рулетки, портативного акселерометра и т. д.). В КБА эти данные используются для сопоставления с аналогичными данными или для приблизительных расчетов.

Правила качественного биомеханического анализа. Правила, специфичные для КБА. В эту группу входят правила, присущие только КБА, несвойственные количественному анализу. 1. Эффект рассматриваемых движений и действий определяется грубо, приближенно, следовательно, приближенный характер носят и оценки, выводы, решения (конечные и промежуточные). Это связано прежде всего с отсутствием приборных измерений, с оценкой «на глаз». Но не только в этом причина. Иногда нельзя позволить себе учитывать много факторов, из соображений оперативности анализа приходится удовлетворяться только самыми существенными. Во многих случаях вполне устраива- 90 ет приближенный характер оценок и решений, поскольку бывают нужны предельно простые и чисто качественные выводы (например, надо направить движение правее, выполнить его с меньшим перепадом скоростей, такое-то усилие начать раньше, чем пройден такой-то ориентир, а не позже). 2. Выводы КБА почти всегда должны носить вероятностный характер. Это освобождает от пут единственного варианта, позволяет легче избежать плена возможных заблуждений и ошибок, сохранить

способность искать другие решения, корректировать свои определения. Конечно, предпочтение следует отдавать более вероятным вариантам—в меру отношений их вероятностей. Вероятностный характер решений и оценок—логическое следствие вынужденного игнорирования многих существенных и второстепенных факторов или неполного их учета!. Идти на это целесообразно в связи с тем, что, во-первых, невозможно учесть многие факторы одновременно (тем более гарантировать правильность их учета); во-вторых, с увеличением числа учитываемых факторов лавинообразно нарастает сложность и трудоемкость анализа, 3. Основная форма КБА — сравнительный анализ. Здесь чувствительность, точность и разрешающая способность КБА много выше, чем в других его формах. Сравнить можно выполнение одного и того же действия (упражнения) одним или разными спортсменами на основе одного и того же или разных вариантов техники; выполнение аналогичных частей (а то и деталей) различных упражнений или действий; идеализированную схему действия с его реализованной техникой; различные модификации упражнений и т. д. 4. Должен быть четко выражен критический подход к отправным данным КБА, к оценкам и решениям. Этот подход должен проявляться прежде всего в устойчивой тенденции к проверке различных гипотез, решений, оценок. Нельзя делать (если только не вынуждают обстоятельства) категорических выводов на основании двух-трех наблюдений, тем более одного. Понимание вероятностного характера КБА косвенно способствует такого рода критическому настрою. 5. Сомнительные моменты анализа должны подвергаться экспериментальной проверке (если это не требует особых усилий и не отражается сколько-нибудь существенно на тренировке): спортсмен должен попробовать какое-то число раз выполнить рассматриваемое действие в точности так же, как выполнял, либо с задаваемыми изменениями. Такого рода контрольные повторения действия (упражнения), конечно, не гарантируют правильного решения вопроса, но существенно повышают его вероятность. Следует пользоваться (как одним из наиболее информативных) методом задаваемых изменений выполнения действия (упражнения). 6. Замеченная двигательная ошибка не всегда закономерна. поэтому следует сначала постараться ее подавить и лишь при отрицательном результате приступить к анализу; однако это не догма: во многих случаях не бывает серьезных оснований для сомнений в сущности ошибки. 7. Два правила относятся к поиску ошибок-причин: 1) его нужно основывать на анализе распознанной двигательной ошибки (или нескольких, если распознано сразу несколько), при этом нередко приходится привлекать те или иные гипотезы; 2) анализируя причинную обусловленность ошибки, следует придерживаться неизменного порядка, например: анализ внешних причин ошибки—анализ внутренних причин—непосредственный поиск ошибки-причины, или: анализ механических причин—анализ координационных причин — анализ психологических причин — анализ педагогических причин. 8. Анализируя реализованную технику упражнения (действия), нужно последовательно рассматривать: 1) избранный вариант техники упражнения и мотивы данного выбора; 2) особенности техники выполнения упражнения; 3) особенности предыдущих либо последующих упражнений (действий) и их выполнения; 4) одновременно выполняемые действия и их координационные связи с анализируемым; 5) внешние условия; 6) двигательные особенности спортсмена: физические, координационные, психические (имея в виду потенциальные возможности, багаж навыков, возможную их интерференцию; 7) состояние спортсмена: физиологическое (самочувствие, степень утомления), психическое (психическое утомление, эмоциональное состояние, специфическое отношение к данному упражнению или действию), координационное (влияние предыдущих действий, наличие временных координационных неувязок, сбоев). 9. Если в циклической системе движений и действий один или несколько циклов почему-то отличаются от остальных, надо искать сначала внешнюю причину изменений, затем ошибку в ближайших предыдущих циклах, затем особенности прогнозируемой спортсменом ситуации (прогноз может быть и ошибочным из-за каких-то неясных, обманчивых признаков) и лишь в последнюю

очередь—техническую ошибку (если она не квалифицирована сразу же как бесспорно спонтанная). 10. Последовательность рассмотрения движений: 1) крупные, затем малые; 2) звенья биомеханической цепи самые дальние от участка наиболее мощного взаимодействия, затем постепенно ближние звенья¹ (с учетом возникающих инерционных² сил и моментов); 1) Анализируя, например, толкание ядра, надо начать с движений звеньев толкающей руки, потом последовательно перейти к движениям туловища (по отношению к движениям рукой они несущие и потому должны строиться с расчетом максимально увеличить эффективность движений руки), затем звеньев ног (по отношению к движениям туловища и рук они несущие). 91 3) анализ работы звеньев биомеханической цепи в обратной последовательности: от участка наиболее мощного взаимодействия к дальним звеньям 3; 4) основная рабочая биомеханическая цепь, затем остальные, косвенно влияющие на нее (инерционные воздействия, координационные взаимосвязи), конечно с учетом этого влияния, если оно существенно. Универсальные правила. К этой группе относятся правила, справедливые не только для К.БА, но и для всех других форм анализа. 1. Чтобы облегчить решение задач анализа, их можно делить на относительно самостоятельные части и решать каждую отдельно. Деля задачу на части, необходимо соблюдать некоторые условия. Первое: нужно заменять связи, существующие между частями, конкретными воздействиями, которые они оказывают друг на друга в конкретной ситуации. Это как бы расширение метода «отсечения связей», известного в теоретической механике. Второе: выделяемая часть задачи должна представлять собой самостоятельную и притом разрешимую задачу. Третье: деление на части не должно быть слишком дробным, так как замена связей воздействиями всегда связана с погрешностями и вероятностью ошибки. Четвертое: та или иная схема деления должна быть логически оправдана с точки зрения эффективности анализа и облегчения задачи. 2. Следует взять за правило «челночный» способ решения задач, суть которого в том, что план решения составляется по принципу «от конца к началу», а реализация плана—«от начала к концу». В ряде случаев требуется неоднократный поочередный «проход в оба конца» с целью поэтапной подгонки параметров движений. 3. Динамика системы движений может быть с известным приближением определена по их кинематике и по статике мгновенных («проходных») поз. Следует: исходя из геометрии мгновенных поз, рассматриваемых в качестве контрольных, «прикидывать» моменты сил тяжести звеньев тела относительно осей суставов, принимать в расчет примерные величины моментов инерции этих звеньев относительно названных осей, учитывать инерционность ускоряемых (в том числе и замедляемых) масс тела спортсмена и других тел, с которыми он взаимодействует; б) принимать в расчет величины линейных и угловых ускорений, изменения поз, значительные деформации упругих тел; в) ориентироваться на скорости суставных движений, а не движений относительно Земли. Во многих случаях, однако, целесообразно ориентироваться на скорость рабочей точки кинематической цепи относительно ее закрепленного конца, в этом случае показательна и линейная скорость. Скорость движений представляет интерес при определении динамики движений с двух позиций: она позволяет, во-первых, косвенно определить среднее ускорение, во-вторых, — силовые возможности спортсмена в данной двигательной ситуации; г) следует иметь в виду, что все ускорения звеньев тела в конечном счете обеспечиваются либо противоположно направленными ускорениями других звеньев, либо опорными взаимодействиями. Это значит, что по ускорениям часто можно определить (качественно) характер, величину и направление опорных взаимодействий; д) при анализе кратковременных, близких к ударным, энергетически емких взаимодействий с опорой следует рассматривать и учитывать предваряющие скорости и ускорения контактирующих с опорой звеньев тела не только относительно опоры, но и относительно проксимальнее расположенных звеньев: это позволяет определить усилия, предшествовавшие контакту и являющиеся подготовительными к нему (в частности, заранее готовится встреча с опорой при значительном напряжении мышц, необходимая, например, для отталкивания в опорных

гимнастических прыжках, в легкоатлетических и акробатических прыжках, в лыжных ходах; е) анализируя приземления, учитывать следует нецентральный характер силы реакции опоры, изменяющий в связи с этим кинетический момент тела. 4. Анализируя систему движений, необходимо обращать внимание на перемещения звеньев тела во всех плоскостях, а не только в основной плоскости движений. Особенно важно помнить это при анализе рисунков и кинограмм. 5. «Мелкими» движениями обычно можно пренебречь, если анализу подвергается система движений, в которую входят движения с большим размахом либо движения больших масс тела, даже небольшие по размаху, но со значительными ускорениями. Однако мелкие движения нередко могут играть очень существенную роль в координационном, отношении и в таких случаях подлежат тщательному анализу. Например, во всех точностных действиях роль мелких движений очень велика: как правило, именно они обеспечивают сам точностный эффект, крупные же движения служат лишь энергетическому обеспечению действия и создают разве что самый общий фон. Роль мелких движений, как правило, возрастает при сравнительном анализе, особенно если сравниваемые системы движений мало различаются между собой. Наконец, если все движения невелики по размаху и энергетически незначительны, акцент следует делать на наиболее энергетически значимые. 2 Их часто называют «реактивными». 3 Взвесив функциональные возможности ног при толкании ядра (см. сноску 1), нужно рассмотреть эффективность различных вариантов работы туловищем при оптимальной работе ногами, затем толкающей рукой при оптимальной работе ногами и туловищем. 6. Учет изменений суставных (или несколько более сложных) движений нередко не менее важен и информативен, чем рассмотрение самих движений. Причем надо учитывать и скорость изменения движения. 7. В качестве ориентиров при анализе следует использовать граничные положения, позы, моменты взаимодействия. Например, при анализе бега нужно ориентироваться на моменты постановки ноги, прохождения ц. т. тела опорной вертикали, завершения отталкивания (прекращения контакта ноги с опорой), максимума подъема бедра. Такого рода «опорные точки» анализа дают возможность проводить сравнения, формулировать и оценивать качественные различия вариантов реализованной техники или техники упражнения. «Управленческие» правила. К этой группе относятся правила, касающиеся отражения в анализе двигательных действий закономерностей управления движениями и особенностей функционирования опорно-двигательного аппарата спортсмена. 1. Учитывать аспект надежности выполнения упражнения. Следует в первую очередь помнить об оптимизации выполнения упражнения (включая оптимизацию его техники), а также о вероятностном характере выполнения движений и действий. Кроме того, нельзя забывать о возможности повысить надежность выполнения упражнения специальными приемами и мерами. 2. Учитывать физиологические закономерности работы нервно-мышечного аппарата: а) «инерционность» процессов напряжения и расслабления мышц, т. е. протяженность их во времени; б) зависимость величины предельной силы тяги мышц (а значит, силовых возможностей динамической цепи) при удерживающей работе от непосредственно предшествовавшего режима движения; в) зависимость предельной силы тяги мышц от скорости движения; г) зависимость степени инерционности процессов напряжения и расслабления мышц от скорости их сокращения или удлинения (скорость сокращения отрицательна); д) зависимость предельного напряжения мышцы от величины суставного угла; е) наличие латентного периода моторной реакции (особенно значительного при реакциях выбора) и др. 3. Учитывать закономерности координации движений и мышечных напряжений: а) зависимость предельного напряжения рассматриваемых мышц от напряжения других мышц; б) закономерности синергетических и антагонистических связей напряжения мышц; в) зависимость процесса напряжения или расслабления рассматриваемых мышц от напряжения или расслабления других мышц. 4. Учитывать закономерности работы биомеханических цепей, определяющие: а) суммирование угловых перемещений, скоростей и ускорений рабочего и проксимальнее лежащих

звеньев цепи; б) передачу моментов через суставы со звена на звено в направлении от свободного конца цепи к закрепленному; в) зависимость работы рук от работы пояса верхних конечностей; г) передачу нагрузки по цепи от рабочей точки к закрепленному концу; д) различные силовые потенциалы звеньев динамической цепи и функциональное выравнивание их возможностей за счет различия скоростей суставных движений; е) наличие особо нагруженных и потому определяющих звеньев биодинамической цепи; нужно выявить их, «взвесив» нагрузки на различные участки опорно-двигательного аппарата, уточнить места локальных перегрузок (угрожаемые), чтобы внести в систему движений коррекции, снимающие перегрузки.

5. Учитывать индивидуальные текущие двигательные особенности спортсмена, имея в виду индивидуальные потенциальные возможности и реальные текущие возможности, отличающиеся от потенциальных из-за утомления, не очень хорошего самочувствия, недостаточного понимания ситуации, несобранности, травмы и т. д. Можно говорить об анатомо-физиологических, психолого-педагогических и координационно-педагогических двигательных индивидуальных особенностях спортсмена.

6. Учитывать локализацию силовых и скоростных возможностей, свойственную человеку вообще и данному спортсмену в частности (индивидуальную локализацию).

7. Учитывать психологические факторы, влияющие на управление движениями: а) мотивацию и двигательную установку; б) «настройку» на данное упражнение; в) эмоциональное состояние и настроение; г) способность к контролю и саморегуляции, качество афферентной программы, соответствующие умения и навыки; д) объем внимания, его устойчивость, способность к его распределению; е) степень психического утомления; ж) ход спортивной борьбы; з) психологические особенности внешней обстановки; и) индивидуальную быстроту реакции; к) индивидуальные особенности реакции выбора; л) волевые качества; м) функционирование анализаторов, н) темперамент спортсмена и др.

Правила применения механики (основные правила, касающиеся главным образом прямого обращения к законам механики).

1. Учитывать локализацию масс тела и в связи с этим величины моментов инерции тела и его частей относительно оси вращения. Это необходимо как для определения ускорений по известным силам и их моментам («прямая задача механики»), так и для определения сил и моментов сил по ускорениям («обратная задача механики»).

2. Учитывать протяженность во времени изменения телом или его частями линейной либо угловой скорости, т. е. соответственно количества движения либо кинетического момента, под действием приложенных внешних сил или моментов сил. Это проявление инерционности тела. Данное правило тесно связано с предыдущим, поскольку сила, масса, ускорение (в поступательном движении) и момент силы, момент инерции, угловое ускорение (во вращательном движении) связаны между собой функциональной зависимостью.

3. Учитывать инерционные воздействия (возникновение так называемых реактивных сил и моментов): результат взаимодействия спортсмена с другим спортсменом или предметом, а также взаимодействия звеньев тела спортсмена. Здесь следует особо отметить два общих случая: а) когда тело находится в безопорном состоянии, активное движение одного звена (группы звеньев) влечет за собой встречное перемещение других звеньев тела в соответствии с законами сохранения движения центра масс и сохранения кинетического момента; б) при силовом взаимодействии тела спортсмена с опорой активные ускоряемые движения звеньев тела, направленные в сторону действия реакции опоры, усиливают воздействия, направленные противоположно, — ослабляют его; направленные под прямым углом к линии действия реакции опоры обычно практически не влияют на величину воздействия. При КБА, как правило, интерес представляют только движения крупных звеньев тела со значительными ускорениями.

4. Учитывать действие на тело и его звенья силы тяжести и ее моментов относительно осей суставов. Только при безопорном состоянии тела моменты силы тяжести ни на него, ни на его звенья не действуют. Заданные условия деятельности. Отдельную группу составляют правила, связанные с регламентацией в спорте определенных условий, которые необходимо

соблюдать и которые являются исходными для решаемой двигательной задачи. 1. Учитывать особенности выполняемого двигательного действия: каждое имеет свои особенности с точки зрения биомеханики, физиологии, психологии, спортивной педагогики. 2. Учитывать регламентацию деятельности во времени. Например: гимнаст должен придерживаться заданной последовательности элементов комбинации; штангист, взяв штангу на грудь, должен иметь в виду, что затем придется толкать ее от груди; теннисист после выполнения удара должен переместиться в то место площадки, куда противник направит мяч, затем снова выполнить удар и т. д. 3. Учитывать регламентацию деятельности в пространстве. Правила соревнований, конструкция инвентаря, особенности места выполнения действия ограничивают перемещения спортсмена в пространстве. Например: техника движений метателя во многом определяется запретом выхода за пределы круга; перемещения гимнаста в пространстве в большой степени ограничены конструкцией снаряда; деятельность борца или боксера пространственно ограничена ковром (рингом), а также расположением и деятельностью противника. Пространственными ограничениями объясняются многие черты техники упражнений и реализованной техники упражнений. 4. Учитывать тактическую регламентацию деятельности. Имеются в виду сознательные отклонения избранного варианта техники от наиболее рационального в предвидении трудностей, связанных а) с особенностями двигательной задачи; б) с особенностями противника или партнера; в) со стремлением дезориентировать противника: скрыть от него информацию о своей деятельности, дать ему ложную информацию (для этого применяют также дополнительные, не оправданные стоящей чисто технической двигательной задачей действия). 5. Учитывать ситуационные особенности внешних условий двигательной деятельности: обычно эти условия в чем-то отличаются от стандартных, что может существенно сказаться на выполнении упражнений и действий. Расшифровка изображений выполнения упражнений. Использование кинограмм, рисунков, схем движений и т. п. в процессе КБА сопряжено с определенными трудностями, преодолению которых могут помочь следующие правила. 1. «Домысливать» движение на основе совокупности изображенных поз (и даже одностороннего изображения). В противном случае трудно избежать частичной подмены анализа движений анализом статических упражнений. 2. Ориентацию тела определять по отношению к вертикали, фиксированной на кинограмме. Отсчет от горизонтали может привести к значительным ошибкам, если съемка производилась с поворотом кинокамеры в горизонтальной плоскости с целью удержать перемещающегося спортсмена в кадре. 3. Проследить на последовательных кадрах кинограммы прежде всего изменение суставных углов в основной рабочей цепи, а не положения звеньев тела: именно изменения суставных углов определяют (в совокупности с действием внешних сил) динамику двигательного действия. 4. Ориентироваться на внешний вид мышц: по нему часто можно в первом приближении определить, какие мышцы, в какой момент и в какой степени напряжены, а какие расслаблены. 5. Анализировать деформацию упругих внешних тел, с которыми взаимодействует спортсмен, определяя таким образом силу этого взаимодействия и ее изменение во времени. Получение исходных данных анализа. Качество и полнота исходных данных в значительной мере определяют результативность анализа. Представляется целесообразным перечислить здесь несколько общих правил сбора этих данных (само собой разумеется, выбирать их надо с учетом специфики средств и приемов анализа, которые намечено применить). 1. Иметь хотя бы самый общий план наблюдения или самонаблюдения. Если не знаешь, за чем и как наблюдать, вряд ли многое удастся заметить, тем более оценить замеченное и (хотя бы в какой-то мере) качественно его осмыслить. 2. Ведя наблюдение или самонаблюдение, иметь гипотезу, объясняющую причинно-следственные зависимости ожидаемых особенностей выполнения изучаемого действия (в том числе причинные цепи ошибок). Правда, при этом могут появиться известная предвзятость выводов и связанные с ней ошибки в наблюдениях, но зато часто гораздо больше можно увидеть (почувствовать) и понять. 3.

Предугадывать вероятные особенности выполнения действия (в том числе ошибки и их масштаб). В случае удачного прогноза наблюдение или самонаблюдение значительно тоньше, глубже и полнее. 4. Наблюдая, акцентировать внимание на «ключевых» деталях и соотношениях. То же при самонаблюдении. 5. Сравнить реализованную технику упражнения разных спортсменов либо одного и того же спортсмена в разных попытках, обращая внимание на диапазон, направление и скорость суставных движений, их ритмическую структуру, исходные, конечные и характерные промежуточные позы и позные фрагменты, диапазон, направление и скорость поступательных и вращательных движений всего тела. 6. Анализировать реализованную технику упражнения с учетом действий противника (партнера). 7. Данные самонаблюдений пополнять данными наблюдений со стороны. 8. Учитывать субъективный характер самонаблюдения: получаемая информация относится больше к технике выполнения упражнения, чем к реализованной технике. 9. Следить за положением головы и направлением взгляда: во многих упражнениях и действиях это помогает определить цель и направление усилий спортсмена (нередко до начала самого действия), так что наблюдающий может предвидеть их и потому лучше разглядеть, а в ряде случаев и выявить распределение их в опорно-двигательном аппарате. «Нестандартное» для данного упражнения или действия положение головы часто служит признаком (прямым или косвенным) двигательной ошибки и тем самым помогает определить ее. 10. Дополнять метод наблюдения методом опроса. Это обогащает информацию: она не просто суммируется; нередко появляется новая, так называемая эмерджентная информация — результат усложнения и расширения информационной системы. 11. Опросом спортсмена стимулировать его к самонаблюдению, тем самым повышая количество и качество информации. 12. Расширять объем информации и объективизировать ее с помощью опроса других наблюдателей. 13. Выбирать такой ракурс для наблюдения, чтобы яснее всего были видны основные компоненты двигательного действия или интересующей его части. Вместе с тем по возможности рассматривать выполнение движений в разных ракурсах, т. е. с разных точек, поскольку это может дать новые исходные данные для анализа, подчас неожиданные. Правила анализа SOS-действий. Думается, что анализу самостраховки (а точнее, «самоспасательных» действий, или SOS-действий) в подавляющем большинстве видов спорта придается явно недостаточное значение. Почему-то анализ этих действий считается не заслуживающим внимания, хотя все прекрасно понимают их важность для сохранения жизни и здоровья спортсменов. Да и спортивные успехи немало зависят от умения предотвратить травмы. 1. Определять особо нагруженные звенья динамических цепей (учитывая их прочностные характеристики) с целью выявления локализации потенциальной опасности. Особое внимание обращать на временно ослабленные звенья. 2. Определить для себя (приблизительно) зоны околопредельных силовых возможностей звеньев динамических цепей в различных типовых ситуациях. 3. Определить для себя (приблизительно) зоны околопредельных локальных скоростных возможностей (возможностей выполнять те или иные движения с той или иной скоростью), за пределами которых начинается SOS-ситуация. 4. Определить для себя зоны локальных координационных возможностей, мобилизация которых необходима в SOS-ситуациях. 5. Определять (или обеспечивать короткий прогноз) наступление SOS-ситуаций по факту вхождения в одну из перечисленных зон, даже если в остальном действия развиваются нормально. 6. Стараться быстро и четко определить общий характер и особенности наступившей или прогнозируемой ситуации такого рода. 7. Иметь заранее заготовленные схемы SOS-действий, адекватных типовым и в достаточной мере вероятным SOS-ситуациями. 8. Контролировать адекватность реализуемых SOS-действий текущей ситуации в каждый момент, имея в виду готовность к срочному внесению (по мере необходимости) коррекций в систему движений. Учитывать при этом первоочередность задачи защиты более уязвимых участков тела.

Приемы анализа. Наряду с правилами качественного биомеханического анализа

следует знать приемы, обеспечивающие их выполнение, и владеть ими. Организация наблюдения. 1. Повторение действия без изменения способа выполнения (для уточнения наблюдения). Несколько таких повторений дают материал, позволяющий строить анализ на устойчивых, а не случайных деталях выполнения. 2. Если спортсмен несколько раз выполняет упражнение, акцентируя внимание на какой-то определенной детали, он и его тренер (последний с опорой на опрос спортсмена об его ощущениях) получают возможность лучше разобраться именно в этой части упражнения. 3. Выполнение одного и того же упражнения или действия разными спортсменами для сравнительного анализа.

Варьирование выполнения действий. 1. Спортсмену предлагается изменить способ выполнения ключевого движений, что изменяет всю причинную цепь имеющихся двигательных ошибок. Путем сравнительного анализа легче найти ошибку-первопричину. 2. Спортсмену предлагается изменить какие-то компоненты системы движений, с тем чтобы: а) определить возможности и пути совершенствования техники упражнения; б) модифицировать упражнение или действие; в) раскрыть индивидуальные особенности или возможности спортсмена; г) определить допустимую вариативность системы движений. 3. Спортсмену предлагается несколькими разными способами выполнить одни и те же компоненты системы движений, чтобы углубить представления о ее структуре, о предоставляемых ею компенсаторных возможностях, о сравнительной эффективности различных вариантов техники упражнения либо техники выполнения упражнения.

Снижение логико-информационных трудностей анализа. 1. Прием динамической фрагментации: сложные динамические системы делятся на более простые. Этот прием справедлив, конечно, лишь условно, поскольку в сложных системах движений принцип простого суммирования частей целого далеко не всегда применим и всегда весьма неточен, сопряжен с упрощениями и искажениями действительной картины. Поэтому в результат заранее вносится ошибка, и задача проводящего анализ — определить, в каких случаях ошибка остается в таких пределах, что при КБА ею можно пренебречь. Использование данного приема сопряжено с использованием метода «отсечения связей», широко применяемого в теоретической механике (конечно, в его специфической для КБА интерпретации). Нужно приближенно, «на глаз», определить силы, с которыми действуют условно ликвидированные связи, и включать эти силы в рассматриваемую систему. Чем точнее (по величине и направлению) определены силы, тем точнее будет анализ. При сравнительном КБА интерес обычно представляет зависимость изменения каких-то сторон или характерных особенностей рассматриваемой системы движений от изменения упомянутых сил, создаваемых связями. 2. Кинематическая фрагментация также упрощает анализ, но здесь нет необходимости в «отсечении связей». Зато четко встает вопрос о раздельном анализе относительных и «абсолютных» (так часто называют движения относительно системы отсчета, связанной с Землей) движений и их систем. 3. Прогнозируя появление двигательных ошибок, можно определенным образом «нацелить» на обнаружение их признаков свои анализаторы: кто знает и ожидает, тот лучше видит. 4. Положение ц. т. тела и его звеньев определяется «на глаз» путем сравнения рассматриваемой позы с другой, по возможности близкой, для которой это положение известно. При сравнительном анализе часто бывает достаточно установить примерные направление, скорость и ускорение ц. т. тела и его звеньев, поскольку именно это в основном определяет динамику действия. «Прикинуть» данные характеристики несложно, если движения звеньев тела выполняются со значительным размахом. Для движений с малым размахом сделать это гораздо труднее, хотя все-таки можно, если суметь хорошо их разглядеть и понять их место в системе. Конечно же, качественные оценки («больше — меньше»). 5. Использование готовых «штампов» решений и оценок в типичных двигательных ситуациях или их фрагментах. В ситуациях, сходных с ними в чем-то существенном, имеет смысл «примерять» соответствующие «штампы» в расчете на то, что они могут натолкнуть на верное решение, а в случае удачи — даже подойти с допустимой погрешностью. 6. Определение динамики действия с учетом «следовых» движений:

непроизвольных движений по окончании основного действия, происходящих в результате остаточного напряжения мышц. «Следовые» движения позволяют определить характер и степень напряжения мышц перед самым завершением основного действия. 7. Мысленное представление себя выполняющим рассматриваемое действие в той же ситуации (так же или в чем-то иначе). Этот прием можно назвать идеомоторным моделированием. Оно может существенно помочь выявить: а) динамику усилий, б) детали техники выполнения действия, в) сопутствующие ощущения, г) возможные тенденции возникновения двигательных ошибок, д) причины двигательных ошибок. При идеомоторном моделировании тренер привлекает свой собственный сенсомоторный опыт выполнения соответствующих (или сходных) двигательных действий. Анализ изображений и мысленно представляемых схем. 1. Учет перспективных и ракурсных искажений на кинограмме, в частности связанных с движениями в плоскостях, не параллельных плоскости 96 кадра. 2. При определении ц. т. тела или его фрагментов попарное соединение прямой ц. т. звеньев (общий ц. т. расположен на этой прямой, его расстояние от ц. т. звеньев обратно пропорционально их массам). Этот прием позволяет найти расположение ц. т. любого по величине комплекса звеньев тела или даже системы тел. 3. Различное расположение кинограмм или рисунков, чтобы легче было рассматривать отдельно активную динамику движений, отвлекаясь от действия силы тяжести (иногда это нужно). Приемы преобразования информации. 1. Интерполяция — определение промежуточных значений величины по известным ее значениям, расположенным по разные стороны от искомых. При этом требуется знание «расстояния» определяемой величины от известных и закон ее изменения в связи с расположением в данной области (пространственной, временной, силовой и т.п.). 2. Экстраполяция — определение величины, расположенной вне изученной области, по известным величинам, расположенным внутри нее. Исходной предпосылкой является знание закона изменения этих величин в связи с их расположением и предположение о том, что данный закон имеет силу и вне данной области. Следует различать метод экстраполяции — основу прогнозирования как рода деятельности и прием экстраполяции — способ упростить решение конкретной задачи. Часто для более точной экстраполяции нужно предварительно произвести ряд интерполяций. 3. Оптимизация — также прием, представляющий собой конкретное приложение метода. Заключается он в том, что находится не самая лучшая с какой-то одной точки зрения величина или характеристика, а оптимальная, т. е. лучшая с учетом всего комплекса существенных точек зрения. Не имея возможности использовать специальные математические способы оптимизации величин, следует обращаться к своему опыту, интуиции и методу подбора. 4. Экстремализация — прием, применяемый, когда необходимо знать, что получится, если рассматриваемая величина достигнет возможного максимума или минимума (т. е. экстремума). Задача — так изменить действующие внешние и внутренние факторы, чтобы данный экстремум был достигнут.

Типичные ошибки качественного биомеханического анализа Ошибки в механике движений. Наиболее часто встречаются следующие ошибки анализа: 1. Не учитываются инерционные силы. Имеются в виду: а) преодоление сопротивления за счет запаса количества движения либо кинетического момента; б) инерционное сопротивление ускоряемого внешнего тела; в) инерционные («реактивные») силы между движущимися звеньями тела; г) инерционные (или «реактивные») моменты при взаимодействии взаимно перемещающихся звеньев тела и передача их по биомеханической цепи. 2. Неверный учет действия нецентральной силы. 3. При определении динамики действий по их кинематике не учитывается действие силы тяжести, на уравнивание которой расходуется существенная часть внешней активной силы или силы реакции опоры, так что направления этой силы и ускорения тела далеко не совпадают. 4. Ошибки в определении направления сил реакции опоры. Наиболее типичные — представление о том, что сила реакции опоры при отталкивании направлена обязательно центрально или что

отталкивания и рывки направлены по линии, соединяющей место опоры с проксимальным суставом конечности (плечевым, тазобедренным). 5. Ошибки, связанные с анализом сохранения устойчивости тела. Часть их связана с тем, что не учитываются реальные функциональные возможности спортсмена при взаимодействии с опорой. Еще одна распространенная ошибка: при анализе останавливающих равновесий не учитывают кинетический момент тела. Ошибки в учете особенностей двигательного аппарата человека. Нередки ошибки учета локализации силовых и скоростных возможностей двигательного аппарата человека вообще и конкретного спортсмена в частности. Это влечет за собой выбор нецелесообразного варианта техники упражнения. Другая ошибка: не принимается в расчет зависимость развиваемых суставных моментов от величины угла между сочленяющимися костями (меняется плечо силы тяги мышцы; сила мышцы больше в диапазоне суставных углов, в котором проводилось развитие ее силы, а также пронация-супинация в суставе). Ошибки анализа, связанные с игнорированием закономерностей мышечного напряжения и расслабления. Существует несколько групп такого рода ошибок. 1. Не учитывается, что для напряжения мышц или, для их расслабления необходимо время, исчисляемое десятими долями секунды (в масштабах времени выполнения спортивных действий— весьма значительное). Известны приемы, уменьшающие эту инерционность: а) предваряющее повышение тонуса мышц (не только тех, которые вслед за этим должны быть быстро напряжены, но и других) ускоряет процесс достижения нужными мышцами высокого напряжения; б) установка на «взрывное» напряжение мышц укорачивает латентный период моторной реакции; в) установка на «мгновенное» активное расслабление возможно большей группы мышц (поскольку это не разрушает координационную структуру действия) позволяет гораздо быстрее расслабить нужные мышцы. 2. Игнорируется зависимость предельной величины развиваемой силы воздействия в рабочей точке от скорости движения. Если вспомнить, что силовые возможности могут в зависимости от скорости движения различаться в десятки раз, то легко понять, какого ранга бывает подобная ошибка. 3. Не учитывается различие силовых возможностей динамической цепи при статическом режиме работы в зависимости от непосредственно предшествовавшего режима работы. 4. Не учитывается падение величины предельного напряжения мышцы, в связи с увеличением его продолжительности; ошибка эта нередка, хотя все прекрасно знают данную зависимость. Ошибки осмысливания двигательных ошибок. Они встречаются очень часто. Здесь следует упомянуть хотя бы две: 1) когда ошибку-следствие принимают за ошибку-причину и пытаются «вылечить симптом», а не «болезнь»; 2) когда распознанная ошибка является способом компенсировать другую более значительную, но это не учитывается при анализе; подавление ошибки-компенсатора может привести к появлению другой, более серьезной, ошибки.

ПРИЛОЖЕНИЕ №4

Электронный образовательный ресурс

Лекции

№	Тема	Форма представления лекции в системе электронного (дистанционного) обучения
1	Введение (предмет и история биомеханики)	Архив с файлами, содержащий текстовый файл (конспект лекции) ⁴
2	Методы исследования в биомеханике	Архив с файлами, содержащий текстовый файл (конспект лекции)
3	Биомеханика двигательного аппарата человека	Архив с файлами, содержащий текстовый файл (конспект лекции)
4	Биомеханические аспекты управления движениями человека	Архив с файлами, содержащий текстовый файл (конспект лекции)
5	Биомеханика двигательных качеств	Архив с файлами, содержащий текстовый файл (конспект лекции)
6	Биомеханика технико-тактического мастерства	Архив с файлами, содержащий текстовый файл (конспект лекции)
7	Биомеханика физических упражнений	Архив с файлами, содержащий текстовый файл (конспект лекции)

Практические занятия с анализом кейсов №1

**Тема 1. Определение антропометрических данных сегмента и тела человека.
Определение массы каждого сегмента тела.**

Цель: освоить расчетные методы биомеханики, применяемые для определения геометрии масс тела человека.

Задача: научиться определять вес звеньев тела человека и положение их центра тяжести на основе среднестатистических данных.

Оборудование: сантиметровая лента, микрокалькуляторы, линейка, карандаш, ручки с разноцветными пастами, тетрадь для практических работ.

Теоретическая часть

Тело человека, с позиции биомеханики, представляется в виде системы отдельных сегментов: кисть, предплечье, плечо, голова, туловище, бедро, голень, стопа (рис. 1). Для определения динамических характеристик, определяющих биодинамическую структуру спортивных упражнений, необходимо знать масс-инерционные характеристики биомеханической системы: вес звеньев тела, положение их центра тяжести, моменты

⁴ Конспекты лекций представлены в приложении 3

инерции отдельных звеньев. В XIX – XX в.в., для определения вышеизложенных показателей, исследования проводились на трупах (Harless, 1860; Braune, Ficher, 1869; Glauser et al., 1969).



Рисунок 1. Сегменты тела человека

Сегменты тела человека

Как известно из курса анатомии, тело человека располагается в трех плоскостях: горизонтальная, фронтальная и сагиттальная. В биомеханике принято считать, что границами смежных сегментов является место прохождения плоскостей, отделяющих один сегмент от другого – **антропометрическая точка** (рис.2).

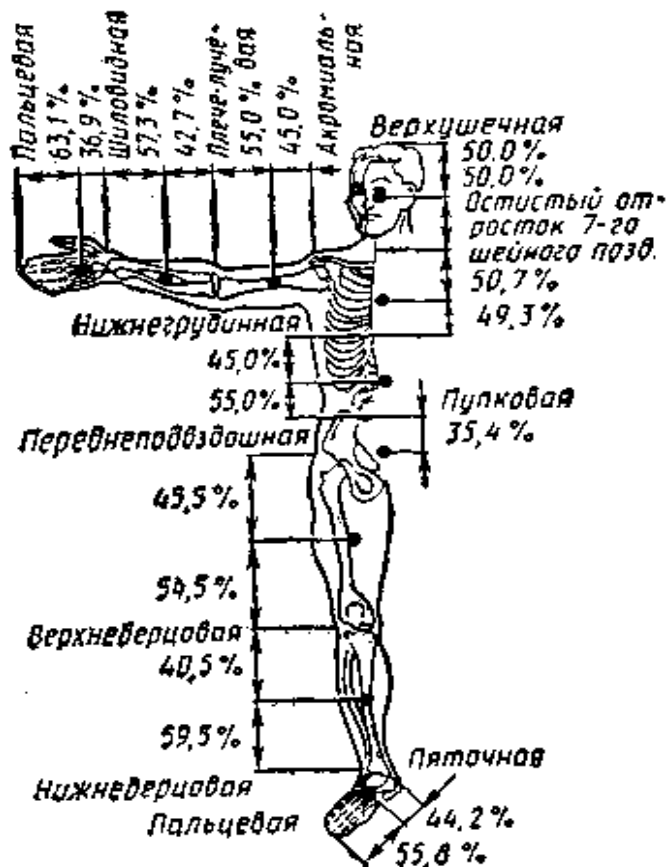


Рисунок 2. Антропометрические точки и границы сегментов тела

Антропометрические точки, от которых принято отсчитывать расстояние до центра

тяжести сегментов:

1. Кисть – шиловидная (лучезапястный сустав).
2. Предплечье – плечелоктевая (локтевой сустав).
3. Плечо – акромиальная (плечевой сустав).
4. Голова – остистый отросток 7-го шейного позвонка.
5. Туловище – акромиальная (плечевой сустав).
6. Бедро – переднеподвздошная (тазобедренный сустав).
7. Голень – верхнеберцовая (коленный сустав).
8. Стопа – пяточная.

Вес сегмента

Если известен вес тела, то вес сегмента рассчитывается следующими способами.

1. Использование весового коэффициента по отношению к весу тела по формуле:

$$P_i = \frac{P \times K_i}{100\%} \quad (1)$$

P_i – вес сегмента испытуемого; P – вес тела испытуемого; K_i – весовой коэффициент; i – название сегмента.

Весовые коэффициенты сегментов представлены в таблице 1 (приложение).

Пример:

Вес тела испытуемого 75 кг, тогда вес кисти равен:

$$P_{\text{кисти}} = (75 \times 1 / 100\%) = 0,75$$

2. Использование регрессионного уравнения:

$$m_x = B_0 + B_1 \times m + B_2 \times H \quad (2)$$

m_x – масса сегмента испытуемого; B_0, B_1, B_2 – коэффициенты уравнения; m – вес тела испытуемого; H – длина тела испытуемого.

Коэффициенты уравнения регрессии представлены в таблице 2 (приложение).

Пример:

Вес тела испытуемого 75 кг, длина тела 180 см, тогда вес кисти равен:

$$m_{\text{кисти}} = (-0,12) + 0,004 \times 75 + 0,002 \times 180 = 0,54$$

Положение частного центра масс (ЧЦМ) сегментов

Определение положения ЧЦМ сегментов определяется по формуле, предусматривающей использование длины сегмента и относительного коэффициента, со следующей зависимостью:

$$X_i = \frac{L_i \times A_i}{100\%} \quad (3)$$

X_i –расположение частного центра тяжести на продольной оси сегмента (см), измеренного от антропометрической точки данного сегмента; L_i –длина сегмента; A_i – относительный коэффициент сегмента; i – название сегмента.

Относительные коэффициенты сегментов тела, выраженные в процентах, представлены в таблице 3 (приложения).

Пример:

Длина кисти равна 17 см. В соответствии с таблицей 3 и формулы (3) ЧЦМ кисти расположен на расстоянии 6,275 см от антропометрической точки данного сегмента – шиловидной (лучезапястный сустав).

$$X_{\text{кисти}} = (17 \times 36,91) / 100\% = 6,275$$

Задания:

1. Перечертить рабочую таблицу для вычислений веса сегментов тела испытуемых и положения ЧЦМ в тетрадь для практических работ (см. приложение, табл. 4).
2. Разбиться на подгруппы по 3-4 человека и выбрать испытуемого. Выбранные испытуемые не меняются на протяжении всех практических работ.
3. Определить антропометрические данные (вес тела, длина тела) испытуемого. Зная вес, рассчитать по формуле (2) вес каждого сегмента тела и записать вычисленные показатели в соответствующую колонку рабочей таблицы.
4. Измерить сантиметровой лентой длину сегментов тела и внести данные в таблицу.

5. Вычислить по формуле (3) положение ЧЦМ сегментов тела, записать результаты в таблицу.

6. Отметить схематически положение ЧЦМ сегментов тела с обозначением:

- длины сегмента;
- антропометрической точки (сустава);
- расстояния от антропометрической точки до ЧЦМ.

Пояснение к п. 6 задания

Для правильности выполнения вводим обозначения:

————— - сегмент тела

○ - сустав (антропометрическая точка)

● - частный центр масс сегментов

Используем данные в рабочей таблице. Например: длина предплечья 25 см (1:1), следовательно, длина предплечья в масштабе 1:5 будет равна 5 см ($25/5=5$).

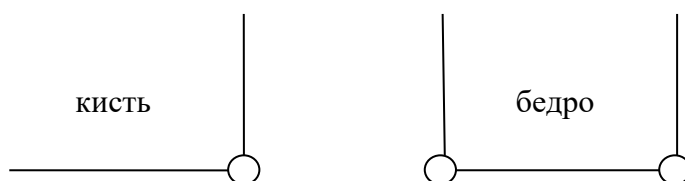


Рисунок 3. Схематическое изображение сегментов

Название суставов и границ сегментов тела (антропометрических точек, рис. 2):

1. Лучезапястный сустав (Луч.с.)
2. Локтевой сустав (Лок.с.)
3. Плечевой сустав (Плеч.с.)
4. 7-ой шейный позвонок (голова+шея) (7-й шейн. п.)
5. Грудной отдел позвоночника (верхнее туловище)
6. Пупковая зона (среднее туловище) (Пупк.з.)
7. Переднеподвздошная (нижнее туловище) Переднепод.
8. Тазобедренный сустав (Таз.с.)
9. Коленный сустав (Кол.с.)
10. Голеностопный сустав (Гол.с.)

Схематическое изображение сегмента, его длины, с указанием антропометрических точек:

Луч.с.

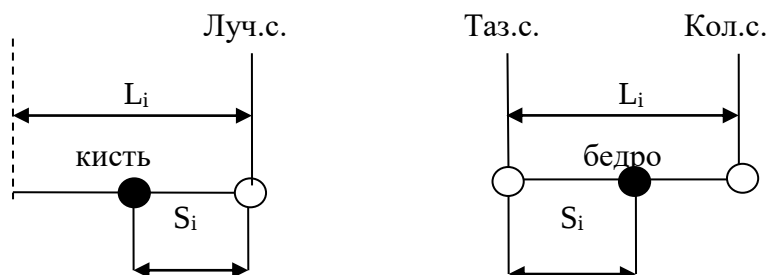
Таз.с.

Кол.с.



L_i – длина сегмента

Схематическое изображение сегмента, его длины и расположение частного центра масс сегмента с указанием расстояния от антропометрической точки до ЧЦМ:



S_i – расстояние от антропометрической точки до расположения ЧЦМ на продольной оси сегмента

Напротив каждого схематически изображенного сегмента прописать следующие показатели: длина сегмента (L_i) расстояние ЧЦМ (S_i).

Контрольные вопросы:

1. Что такое сегменты тела человека? Назовите антропометрические точки всех сегментов тела.
2. По каким формулам можно рассчитать массу каждого сегмента тела?
3. При помощи какой формулы можно определить расположение частного центра масс сегмента тела?

Список рекомендуемой литературы

1. Попов, Г.И. Биомеханика двигательной деятельности: учебник для студентов учреждений высшего профессионального образования / Г.И. Попов, А.В. Самсонова. - 3-е изд., стер. - Москва: Академия, 2014. - 320 с. - (Высш. проф. образование; Бакалавриат).
2. Биленко, А.Г. Основы измерений в биомеханике физических упражнений. Теоретический курс: учебное пособие / А.Г. Биленко, Л.П. Говорков; НГУ физической культуры, спорта и здоровья им. П.Ф. Лесгафта. – Санкт-Петербург, 2011 // Электронная библиотека вузов ФК. - Режим доступа: локальная сеть ВЛГАФК, по договору.
3. Воронов, И.А. Моделирование и биомеханический анализ спортивных поз и движений с применением пакетов трехмерной графики: учебно-методическое пособие / И.А. Воронов; НГУ физической культуры, спорта и здоровья им. П.Ф. Лесгафта. – Санкт-Петербург: [б.и.], 2010 // Электронная библиотека вузов ФК. - Режим доступа: локальная сеть ВЛГАФК, по договору.

Практическое занятие с анализом ситуаций (кейсов) №2

Тема 2. Определение частного центра масс сегментов (звена) тела (8 часов)

Цель: освоить расчетные методы биомеханики, применяемые для определения частного центра масс смежных сегментов тела человека.

Задача: научиться определять частный центр тяжести звеньев тела человека на основе среднестатистических данных.

Оборудование: Микрокалькуляторы, линейка, карандаш, ручки с разноцветными пастами, тетрадь для практических работ.

Теоретическая часть

Сегменты (звенья) тела человека, с позиции биомеханики, имеют свой собственный центр тяжести - **частный центр масс**. Центры тяжести сегментов тела, в большинстве случаев, имеют постоянное распределение на продольной оси звена. В процессе выполнения двигательных действий смещение ЧЦМ оказывает незначительное влияние на перемещение общего центра масс (ОЦМ) тела. За исключением ситуации, когда происходит перемещение более массивного сегмента тела (например - бедро), а также смежных сегментов (нога, туловище). В этом случае перемещение ОЦМ будет более выражено.

Масса частей тела в процессе жизнедеятельности не остается постоянной. Это может быть связано с количеством жировой массы, развитием мышц, в процессе тренировочного и соревновательного процесса, приема пищи и воды и т.д. Стоит понимать, что масса сегментов тела спортсмена будет отличаться от массы частей тела человека, не занимающегося спортом. Так, масса частей тела увеличивается во время и после окончания тренировочного процесса, что связано с притоком крови к конечностям.

После определения положения частного центра масс сегментов, полученные результаты используют для оценки общего центра масс тела (положение и перемещение, в зависимости от поставленных задач исследования). Наиболее распространенными и доступными методами анализа ОЦМ при аудиторных занятиях являются графический и аналитический.

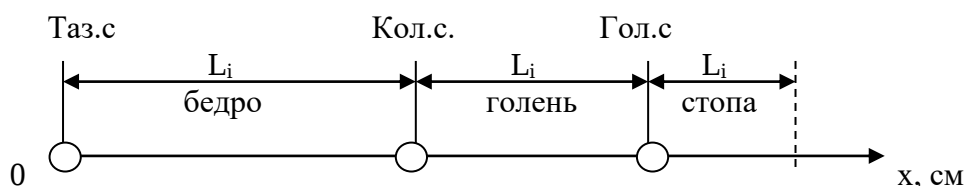
Тема 2.1. Определение частного центра масс смежных сегментов и частей тела графическим способом

В предыдущей практической работе применялась формула (3) для определения положения частного центра масс сегмента.

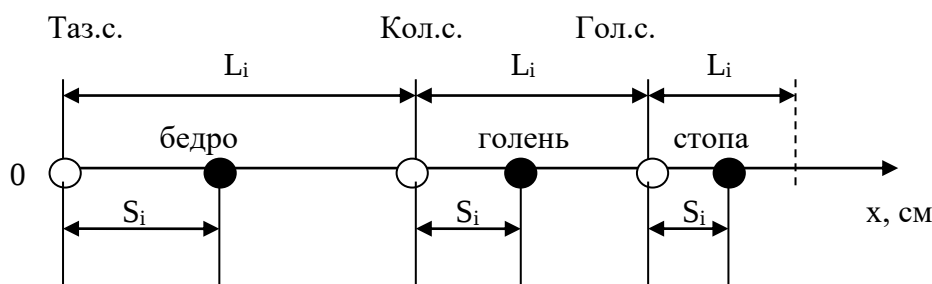
Для определения ЦТ смежных сегментов или частей тела необходимо применить законы физики. В этом случае нам известно, что ЦТ двух звеньев находится на прямой, соединяющей их центры тяжести. Положение ЦТ смежных сегментов находится в зависимости от веса данных звеньев по отношению друг к другу.

Пример:

Нам известны длина бедра, голени и стопы. На оси ОХ откладываем расстояние, равное длине данных сегментов в масштабе 1:5 (данные из практической работы №1), согласно принятым обозначениям. Предположим, что длина бедра $L_{\text{бедра}} = 8,5$ см., длина голени $L_{\text{голень}} = 7$ см., $L_{\text{стопы}} = 4,5$ см.



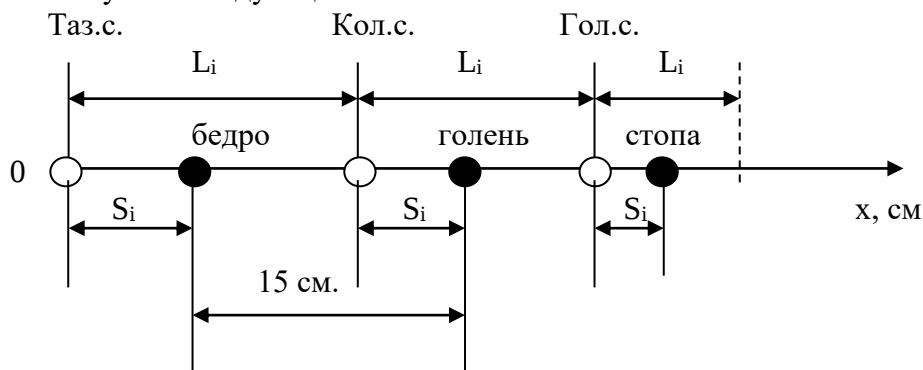
Далее отмечаем расположение частных центров масс каждого сегмента, их расстояние от антропометрической точки, используя данные, полученные в первой практической работе (формула 3, табл. 4).



Напоминаем, что L – это длина сегмента в см., i – название сегмента, S – расстояние в см. от антропометрической точки до центра тяжести сегмента.

Теперь соединяем ЧЦМ сегментов или частей тела между собой и измеряем расстояние между ними.

Получаем следующее:



N – обозначение центра масс смежных сегментов или частей тела испытуемого
 Последовательность соединения звеньев тела испытуемого и обозначение их ЦТ:

1. Плечо + предплечье = N1;
2. N1 + кисть = N2 (рука);
3. Бедро + голень = N3;
4. N3 + стопа = N4 (нога);
5. Верхнее туловище + среднее туловище = N5;
6. N5 + нижнее туловище = N6;
7. N6 + голова = N7;
8. N2 + N4 (пр.) = N8;
9. N2 + N4 (лев.) = N9;
10. N8 + N9 = N10;
11. N7 + N10 = общий центр масс тела испытуемого.

Нам известна относительная величина массы каждого сегмента по отношению в общей массе тела испытуемого в % (табл.1, приложение). Следовательно, масса бедра равна 12%, а масса голени - 5%. Очевидно, что масса данных сегментов равна 17% от общей массы тела.

Теперь необходимо выяснить, какое расстояние будет занимать 1% (часть) массы бедра и голени. Для этого необходимо полученное расстояние (15 см) поделить на массу двух звеньев (17%).

Получаем:

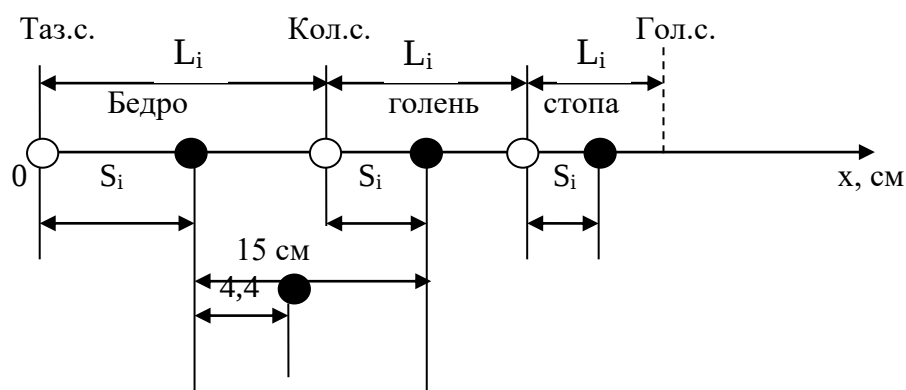
$$1\% = 15/17 = 0,88 \text{ см}$$

Далее, полученный нами результат (0,88 см.) умножаем на 12%, а затем на 5%. В результате чего получаем расстояние (см) занимаемое бедром и голенью на прямой, соединяющей их ЦТ.

$$12 \times 0,88 = 10,56 \text{ см}$$

$$5 \times 0,88 = 4,4 \text{ см}$$

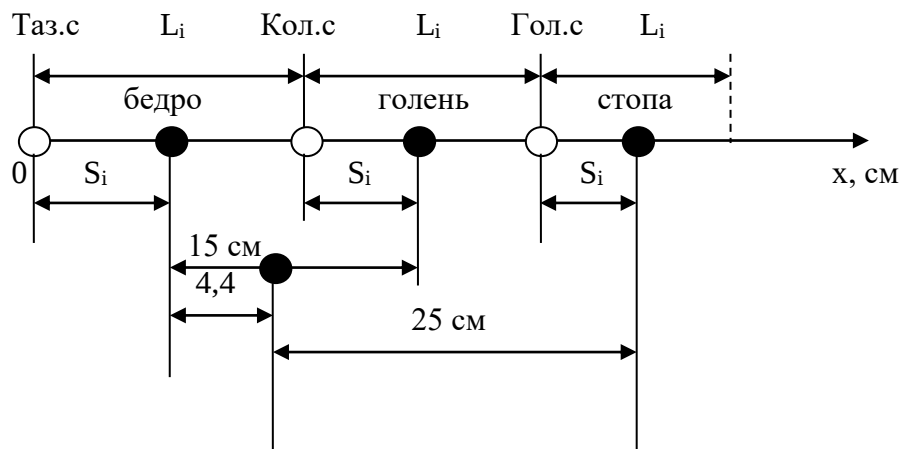
Учитывая тот факт, что центр тяжести бедра и голени будет смещаться в сторону более тяжелого сегмента, нам необходимо от центра тяжести бедра отложить отрезок равный расстоянию, занимаемый голенью на этой прямой. В нашем случае - 4,4 см.:



Это будет являться центром тяжести бедра и голени – N3

Следующим шагом для определения ЧЦМ ноги, будет присоединение центра тяжести стопа к полученному центру тяжести (N3). Следовательно, мы соединяем прямой

линией центр тяжести бедра и голени (N3) с центром тяжести стопы (S_i). После чего, мы измеряем полученное расстояние. В нашем случае, предположим, оно будет равно 25 см.



Далее, мы повторяем ту же процедуру расчетов. Обращаем ваше внимание на тот факт, что теперь мы работаем с центром тяжести бедра и голени, и, следовательно, с цифрой равной относительной массе этих сегментов – 17%. Относительная масса стопы, по отношению к относительной массе всего тела, равна 2 %.

Итак, мы складываем:

$$17+2=19\%$$

Теперь наша задача выявить число, которое будет соответствовать 1% (части) массы бедра, голени и стопы. Следовательно, расстояние (25 см) делиться на полученную сумму (19%):

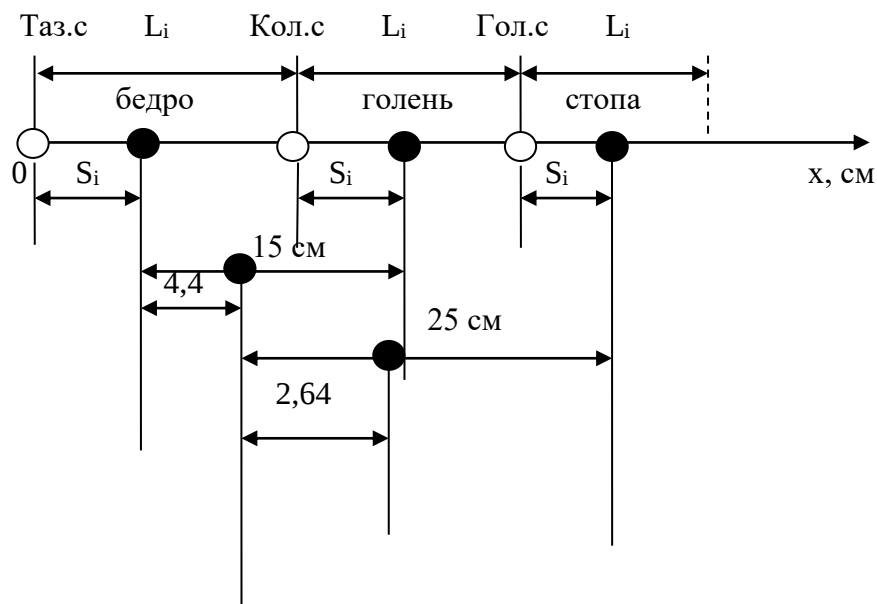
$$1\% = 25/19 = 1,32 \text{ см}$$

После чего, мы полученный результат умножаем на 17%, а затем на 2%, чтобы выявить, какое расстояние будет занимать стопа и бедро с голенью на прямой:

$$1,32 \times 17 = 22,44 \text{ см}$$

$$1,32 \times 2 = 2,64 \text{ см}$$

Зная, что центр тяжести будет смещаться в сторону более тяжелого сегмента, нам осталось отмерить от N3 отрезок, равный расстоянию занимаемый массой стопы, на данной прямой. На чертеже должно получиться следующее:



Полученная точка будет являться центром тяжести ноги. Согласно принятым обозначениям – это N4.

Задания:

1. Изучить ход практической работы.
2. Определить центр тяжести смежных сегментов и частей тела, используя данные предыдущей практической работы. Обращаем внимание, что на оси ОХ мы находим центры тяжести руки и ноги, а на оси ОХ- центры тяжести туловища и головы.
3. Напротив каждого чертежа помечаем название части тела, у которого был определен центр масс.
4. Центр тяжести каждой части тела обводим красной ручкой.

Список рекомендуемой литературы

1. Попов, Г.И. Биомеханика двигательной деятельности: учебник для студентов учреждений высшего профессионального образования / Г.И. Попов, А.В. Самсонова. - 3-е изд., стер. - Москва: Академия, 2014. - 320 с. - (Выш. проф. образование; Бакалавриат).
2. Биленко, А.Г. Основы измерений в биомеханике физических упражнений. Теоретический курс: учебное пособие / А.Г. Биленко, Л.П. Говорков; НГУ физической культуры, спорта и здоровья им. П.Ф. Лесгафта. – Санкт-Петербург, 2011 // Электронная библиотека вузов ФК. - Режим доступа: локальная сеть ВЛГАФК, по договору.
3. Воронов, И.А. Моделирование и биомеханический анализ спортивных поз и движений с применением пакетов трехмерной графики: учебно-методическое пособие / И.А. Воронов; НГУ физической культуры, спорта и здоровья им. П.Ф. Лесгафта. – Санкт-Петербург: [б.и.], 2010 // Электронная библиотека вузов ФК. - Режим доступа: локальная сеть ВЛГАФК, по договору.

Тема 2.2. Определение частного центра масс смежных сегментов и частей тела аналитическим способом

Для определения ОЦМ тела человека применяется теорема Вариньона. Определение данного теоретического обоснования гласит, что сумма моментов сил тяжести звеньев системы, относительно кого-либо центра, равна моменту суммы силы тяжести этой системы, относительно того же центра.

Формула данной теоремы выглядит так,

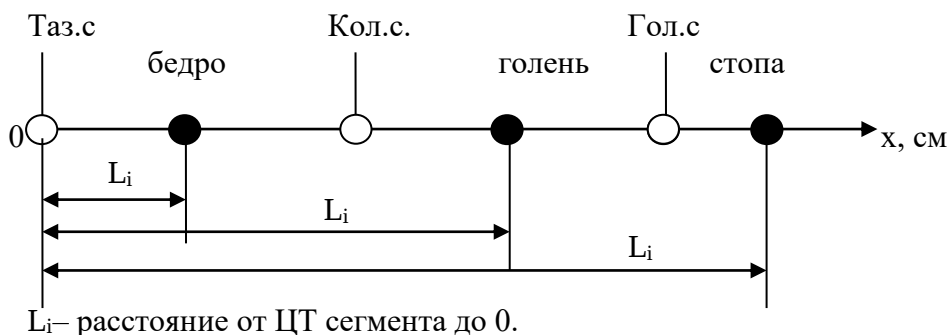
$$\sum P_i X_i = P X_{\text{голова}} + P X_{\text{туловище}} + 2 P X_{\text{плечо}} + 2 P X_{\text{предплечье}} + 2 P X_{\text{кисть}} + 2 P X_{\text{бедро}} + 2 P X_{\text{голень}} + 2 P X_{\text{стопа}} \quad (4)$$

где $\sum P_i X_i$ – сумма моментов сил звеньев относительно оси абсцисс (х), Р – масса звена (кг), х – координата ЦТ звена на оси абсцисс (мм).

Таким же образом определяется значение суммы моментов сил ($\sum P_i Y_i$) звеньев на оси ординат (у). Стоит отметить, что для получения точки с координатами (х, у) в двухмерной плоскости, которая будет являться ОЦМ, сумму моментов сил $\sum P_i X_i$ и $\sum P_i Y_i$ необходимо поделить на массу всего тела. По такому же принципу можно определить частный центр масс частей тела.

Пример.

Применяя графический способ, нами были выявлены центры тяжести частей тела. Учитывая формулу Вариньона, необходимо найти координаты центров тяжести сегментов. Для этого, необходимо измерить расстояние от ЦТ до О и перевести в мм:



L_i – расстояние от ЦТ сегмента до 0.

У нас получилось, что $L_{\text{бедро}} = 38$ мм, $L_{\text{голень}} = 117$ мм, $L_{\text{стопа}} = 181$ мм. После этого, нам необходимо выяснить массу каждого сегмента (бедро, голень, стопа). Чтобы повторно не производить расчеты, мы воспользуемся данными, представленными в рабочей таблице практической работы №1.

Следовательно (в условиях нашего примера, где масса испытуемого равна 75 кг), масса бедра = 9 кг, масса голени = 3,5 кг, масса стопы = 1,5 кг.

Далее, подставляем полученные данные в формулу Вариньона, чтобы определить моменты сил звеньев относительно оси абсцисс, и получаем следующие цифры:

$$PX_{\text{бедро}} = 9 \text{ кг} \times 38 \text{ мм} = 342 \text{ кг/мм}$$

$$PX_{\text{голень}} = 3,5 \text{ кг} \times 117 \text{ мм} = 438,75 \text{ кг/мм}$$

$$PX_{\text{стопа}} = 1,5 \text{ кг} \times 181 \text{ мм} = 271,5 \text{ кг/мм}$$

Следующим шагом необходимо сложить полученные данные, чтобы определить сумму моментов сил части тела (ноги):

$$\sum PX_{\text{ноги}} = PX_{\text{бедро}} + PX_{\text{голень}} + PX_{\text{стопа}} = 342 + 438,75 + 271,5 = 1052,25 \text{ кг/мм}$$

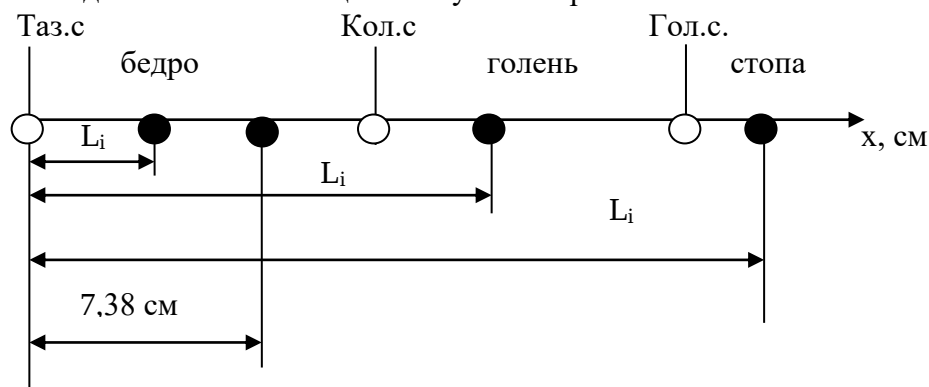
Мы знаем, чтобы получить координату точки на ОХ, в которой будет располагаться ЦТ ноги, нам необходимо $\sum PX_{\text{ноги}}$ разделить на массу ноги. Масса ноги у нас равна 14,25 кг = (бедро + голень + стопа = 9 + 3,5 + 1,5).

Получаем:

$$OX_{\text{ноги}} = 1052,25 / 14,25 = 73,84 \text{ мм} = 7,38 \text{ см}$$

Полученное значение является координатой ЦТ ноги, относительно оси абсцисс. Стоит отметить, что значения ЦТ, по отношению к оси ординат, будут равны 0, поэтому расчеты не производятся.

Откладываем на оси абсцисс полученное расстояние



Полученная точка является центром тяжести ноги, и, согласно принятым обозначениям, отмечается как N4.

Задания:

1. Используя данные предыдущих практических работ, а также данные о положении центра тяжести каждого сегмента, отмечаем на оси абсцисс (ординат) частные центры тяжести.
2. Определяем момент сил каждого сегмента, а также сумму моментов, согласно формуле (4).
3. Определяем центр тяжести части тела.

В соответствии с первой частью данной практической работы, при нахождении центров тяжести частей тела, мы производим расчеты относительно следующих осей:



Контрольные вопросы:

1. Какие показатели применяются для определения ЧЦМ смежных сегментов или части тела, при аналитическом и графическом способах?
2. Почему выполняется сложение относительных масс сегментов, а также моментов сил при определении ЧЦМ?
3. В результате чего происходит смещение центра тяжести сегмента?

Список рекомендуемой литературы

1. Попов, Г.И. Биомеханика двигательной деятельности: учебник для студентов учреждений высшего профессионального образования / Г.И. Попов, А.В. Самсонова. - 3-е изд., стер. - Москва: Академия, 2014. - 320 с. - (Высш. проф. образование; Бакалавриат).
2. Биленко, А.Г. Основы измерений в биомеханике физических упражнений. Теоретический курс: учебное пособие / А.Г. Биленко, Л.П. Говорков; НГУ физической культуры, спорта и здоровья им. П.Ф. Лесгафта. – Санкт-Петербург, 2011 // Электронная библиотека вузов ФК. - Режим доступа: локальная сеть ВЛГАФК, по договору.
3. Воронов, И.А. Моделирование и биомеханический анализ спортивных поз и движений с применением пакетов трехмерной графики: учебно-методическое пособие / И.А. Воронов; НГУ физической культуры, спорта и здоровья им. П.Ф. Лесгафта. – Санкт-Петербург: [б.и.], 2010 // Электронная библиотека вузов ФК. - Режим доступа: локальная сеть ВЛГАФК, по договору.

Практическое занятие с анализом ситуаций (кейсов) №3

Тема. Определение общего центра масс тела графическим способом (8 часов)

Цель: применение графического способа определения положения общего центра масс тела испытуемого в избранных видах спорта, а также для лиц с отклонением в состоянии здоровья.

Задача: научиться определять общий центр тяжести тела человека на основе данных, полученных при измерении антропометрических показателей у испытуемых, в соответствии с их видом спорта.

Оборудование: микрокалькуляторы, метровая лента, миллиметровая бумага, линейка, карандаш, ручки с разноцветными пастами, тетрадь для практических работ.

Теоретическая часть

В предыдущих практических работах были изучены основные способы получения и анализа следующих данных: масса сегмента, длина сегмента, расположение центра тяжести звена, определение центра тяжести частей тела графическим и аналитическим способами. В данных практических работах применялось схематическое изображение сегментов и частей тела, что позволило упростить изучение вышеупомянутого материала.

В данной практической работе предстоит определение общего центра тяжести тела испытуемого, который будет находиться в определенном положении (элемент техники), в соответствии с избранным видом спорта. Как известно из литературных источников, при изменении положения тела или сегментов тела в пространстве, происходит смещение не только частного центра масс сегментов, но и изменение положения общего центра масс. Данное перемещение определяет к какому виду равновесия относится положение тела.

На данный момент в биомеханике выделяются следующие виды равновесия: устойчивое, ограничено-устойчивое, неустойчивое и безразличное. Для каждого из перечисленных равновесий, свойственны определенные характеристики не только положением ОЦМ к площади опоры, но и изменением угловых коэффициентов в суставах. На основании полученных данных можно определить, в какой момент времени, при выполнении данного элемента техники, испытуемый (спортсмен) находится в том или ином равновесии.

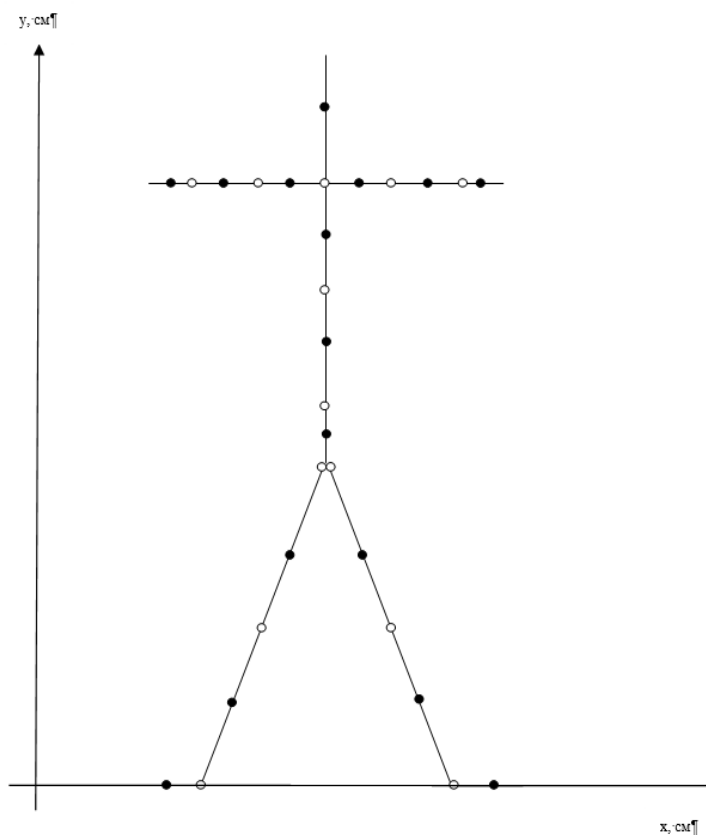
Практическая часть

Для определения ОЦТ тела графическим способом необходимо в определенной последовательности соединить между собой сегменты и части тела. В конечном итоге будет получена точка, которая и является ОЦМ тела в данном положении в данный момент времени.

Пример.

Для начала выберем элемент техники или положение, характерное для избранного вида спорта, у которого будем определять положение ОЦМ графическим способом. После чего испытуемый принимает выбранное положение. В данном положении производятся замеры расстояний между стопами, высота положения определенных сегментов. Переводим полученные данные в масштабе 1:5. Длина сегментов у нас представлена в практической работе №1. После чего, на миллиметровой бумаге чертим ось абсцисс (x),

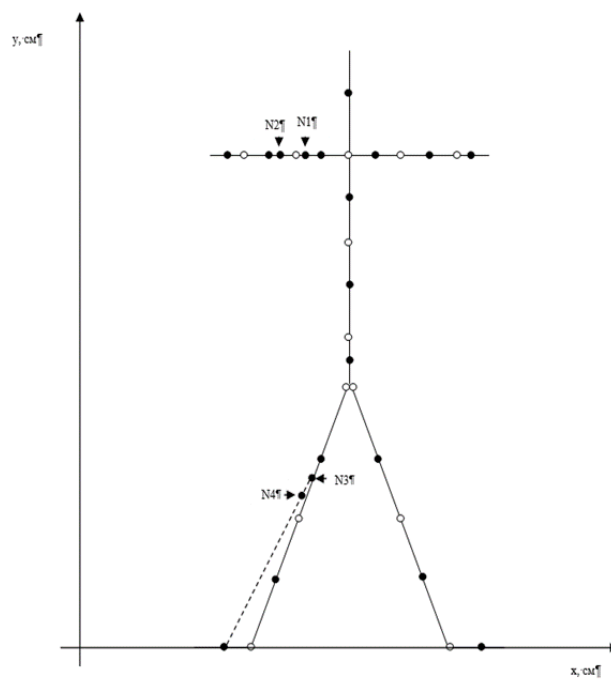
ось ординат (y), а также наносим элемент техники, отмечаем антропометрические точки. Используя данные, полученные в предыдущих работах о длине сегмента и его относительной массе, определяем расположение ЧЦМ по уже известному нам алгоритму.



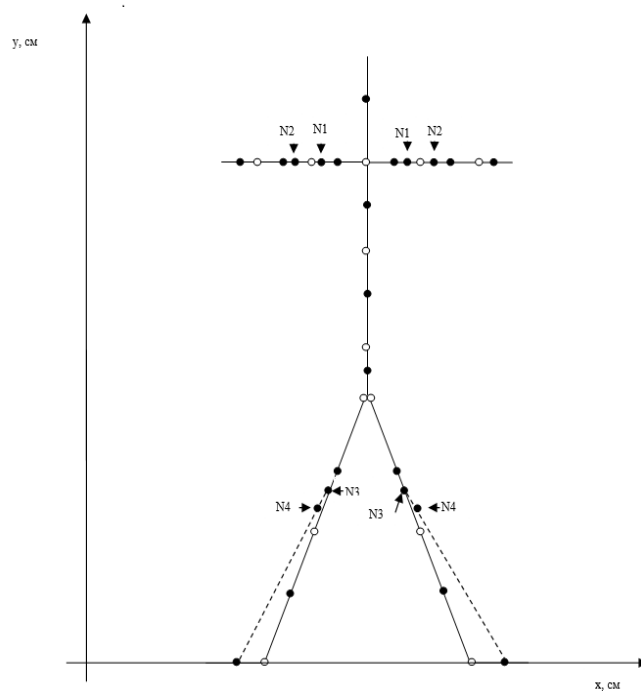
Теперь необходимо соединить ЧЦМ сегментов, как это было выполнено в практической работе №2, в следующей последовательности:

- | | |
|--|---|
| 1. Плечо + предплечье = N1; | 6. N5 + нижнее туловище = N6; |
| 2. N1 + кисть = N2 (рука); | 7. N6 + голова = N7; |
| 3. Бедро + голень = N3; | 8. N2 + N4 (пр.) = N8; |
| 4. N3 + стопа = N4 (нога); | 9. N2 + N4 (лев.) = N9; |
| 5. Верхнее туловище + среднее туловище = N5; | 10. N8 + N9 = N10; |
| | 11. N7 + N10 = общий центр масс тела испытуемого. |

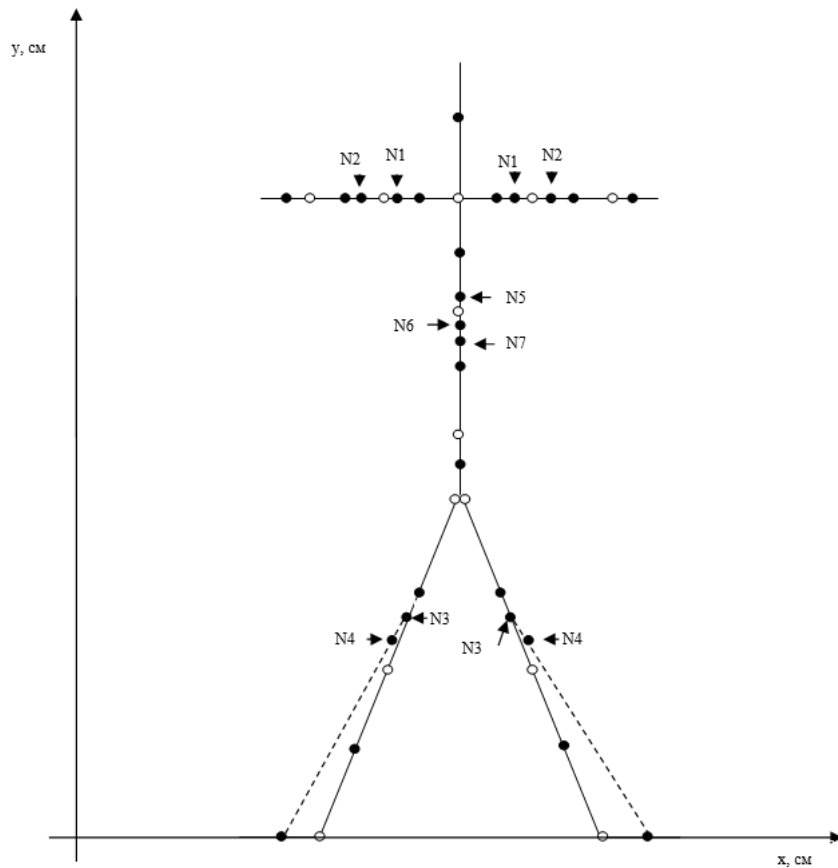
Обращаем внимание, что при определении и выполнении расчетов расположения ЧЦМ, необходимо указывать к какой части тела это относится, а именно ПР. – правая рука или нога, ЛЕВ. – левая рука или нога. Определяем ЦТ тяжести правой руки и правой ноги:



Определяем частный центр тяжести левой ноги и левой руки:



Определяем центр тяжести головы и туловища:



Далее необходимо определить частный центр масс правой и левой половины. Для этого необходимо соединить правую руку и ногу, а также левую руку и ногу, соответственно.

Следовательно, нам необходимо соединить центр тяжести N2 и N4 (как для правой стороны, так и для левой обозначения идентичны) и измерить длину получившейся прямой. Предположим, что на нашем примере длина этой прямо будет равна 25 см.

Из предыдущих практических работ нам известно, что относительная масса бедра равна 19%, от массы всего тела, а масса руки - 6%. Теперь нам необходимо узнать, какое расстояние будет занимать 1%:

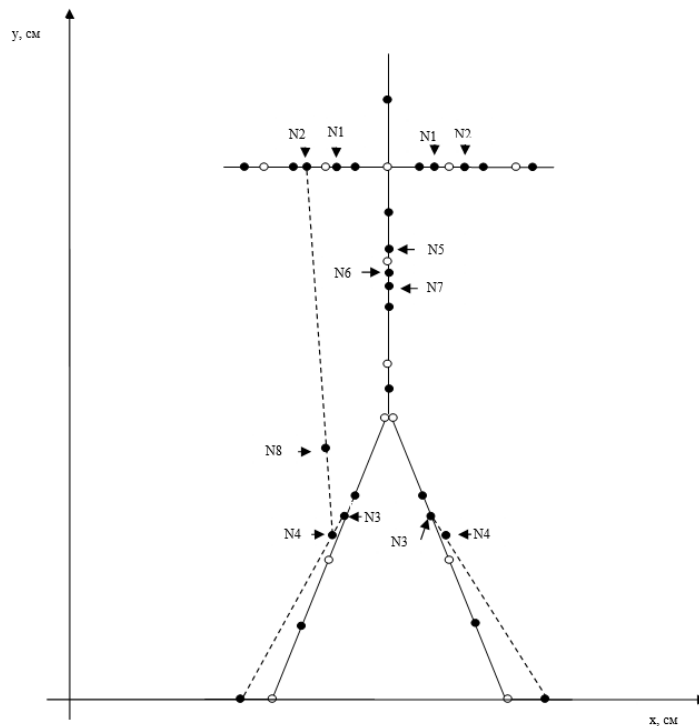
$$1\% = 25 / 25 = 1 \text{ см}$$

Зная, сколько сантиметров занимает 1%, можно выяснить, какое расстояние будут занимать рука и нога на этой прямой:

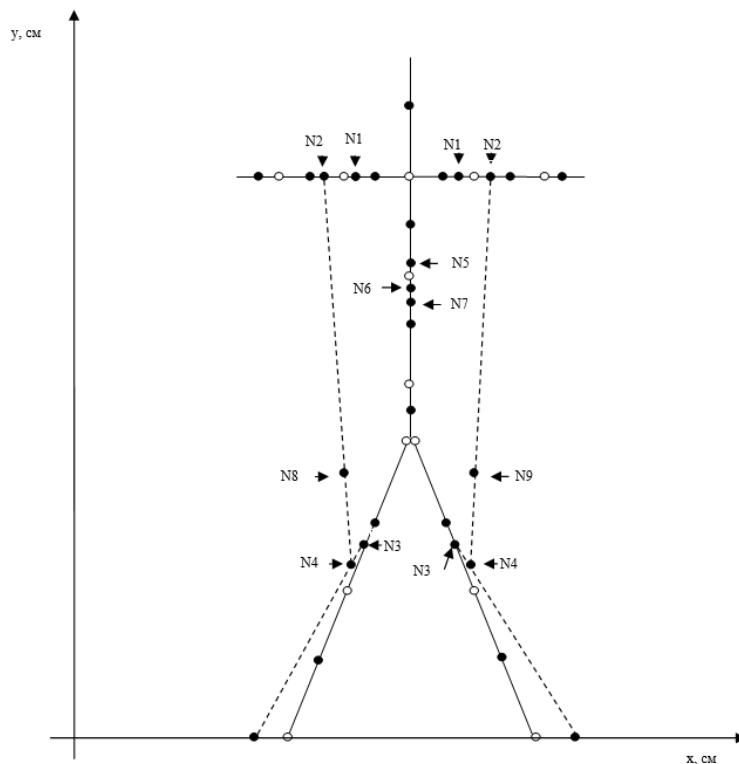
$$6 \times 1 = 6 \text{ см}$$

$$19 \times 1 = 19 \text{ см}$$

Как известно, по закону биомеханики, центр тяжести будет смещаться в сторону более тяжелого сегмента. На прямой, соединяющей ЦТ руки и ноги, находим их общий центр тяжести (N8).



То же самое выполняем, соединив левую руки и левую ногу.

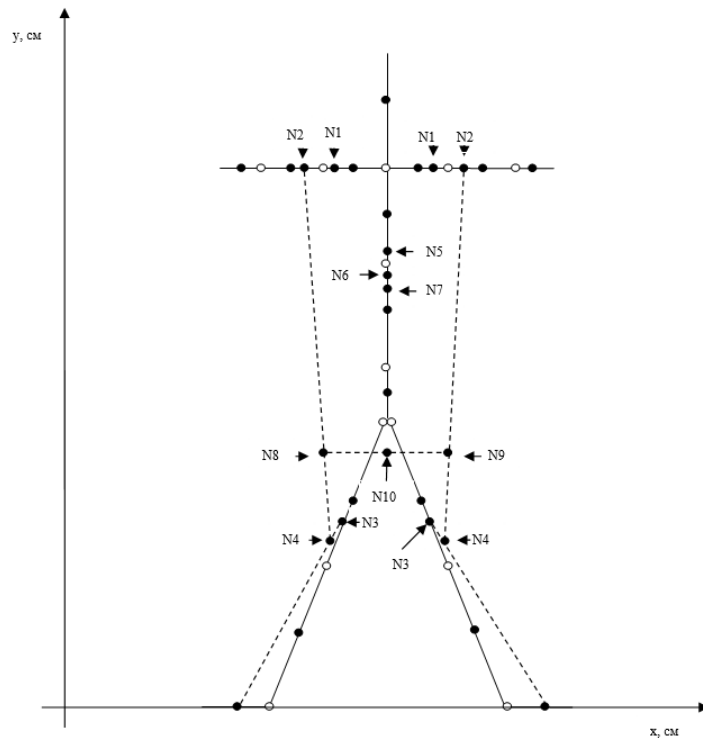


Итак, нами были получены центры тяжести рук и ног, отдельно правой и левой половины тела. Следующим шагом необходимо определить центр тяжести рук и ног вместе. Следовательно, нам необходимо соединить центры тяжести N8 и N9.

Масса руки ноги равна 25%, как правой стороны, так и левой, поэтому данную прямую, соединяющую руки и ноги правой/левой половины, необходимо поделить пополам. В нашем примере длина данного отрезка равна 8 см, следовательно:

$$8 \text{ см} / 2 = 4 \text{ см}.$$

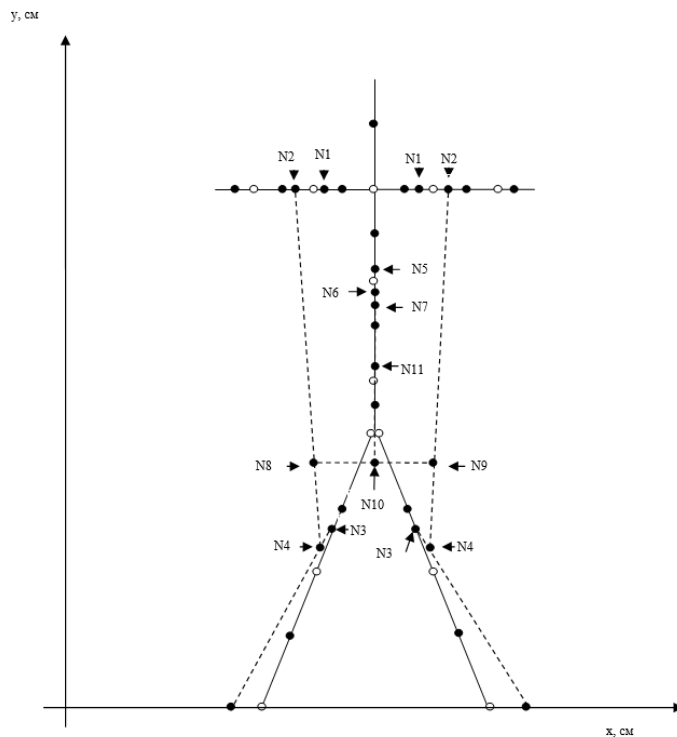
На данной прямой отмеряем 4 см, ставим точку – ЧЦМ рук и ног (N10).



Далее соединяем центры тяжести рук и ног (N10) и центр тяжести головы и туловища (N7). Сумма относительных масс рук – ног и туловища – головы составляет по 50% от общей массы тела. Отсюда следует:

$$15 / 2 = 7,5 \text{ см}$$

Отмеряем данное расстояние на получившейся прямой и ставим точку (N11). Данная точка будет являться ОЦМ тела в избранном положении.



Теперь находимо определить координаты. Для этого нужно опустить перпендикуляры из точки N11 на ОХ и ОУ, записать получившиеся координаты в следующем виде:

ОХ:
ОУ:

Задания:

1. Выбрать положение тела спортсмена, характерное для избранного вида спорта.
2. Используя данные о длине сегмента и его размерах, схематически изобразить выбранное положение, характерное для избранного вида спорта, на миллиметровой бумаге.
3. Последовательно соединяя частные центры масс сегментов и частей тела, определить ОЦМ выбранного положения.
4. Выявить координаты положения ОЦМ.

Контрольные вопросы:

1. В какой последовательности соединяются ЧЦМ сегментов?
2. В чем выражаются положительные и отрицательные моменты применения графического способа определения ОЦМ?
3. Какие особенности характерны для изменения положения ОЦМ для лиц с отклонением в состоянии здоровья?

Список рекомендуемой литературы

1. Попов, Г.И. Биомеханика двигательной деятельности: учебник для студентов учреждений высшего профессионального образования / Г.И. Попов, А.В. Самсонова. - 3-е изд., стер. - Москва: Академия, 2014. - 320 с. - (Высш. проф. образование; Бакалавриат).
2. Биленко, А.Г. Основы измерений в биомеханике физических упражнений. Теоретический курс: учебное пособие / А.Г. Биленко, Л.П. Говорков; НГУ физической культуры, спорта и здоровья им. П.Ф. Лесгафта. – Санкт-Петербург, 2011 // Электронная библиотека вузов ФК. - Режим доступа: локальная сеть ВЛГАФК, по договору.
3. Воронов, И.А. Моделирование и биомеханический анализ спортивных поз и движений с применением пакетов трехмерной графики: учебно-методическое пособие / И.А. Воронов; НГУ физической культуры, спорта и здоровья им. П.Ф. Лесгафта. – Санкт-Петербург: [б.и.], 2010 // Электронная библиотека вузов ФК. - Режим доступа: локальная сеть ВЛГАФК, по договору.

Практическое занятие с анализом ситуаций (кейсов) №4

Тема. Определение общего центра масс тела аналитическим способом (6 часов)

Цель: применение аналитического способа определения положения общего центра масс тела испытуемого в избранных видах спорта, а также для лиц с отклонением в состоянии здоровья.

Задача: научиться определять общий центр тяжести тела человека на основе данных, полученных при измерении координат положения ЧЦМ сегментов у испытуемых, в соответствии с их видом спорта.

Оборудование: микрокалькуляторы, миллиметровая бумага, линейка, карандаш, ручка, тетрадь для практических работ.

Теоретическая часть

При выполнении двигательного действия, используя графический способ, не всегда возможно проследить тенденцию изменения положения ОЦМ в каждый момент времени. Однако, используя фото и кинокольцовки и зная необходимые параметры спортсмена (длина каждого сегмента, положение ЧЦМ данного сегмента), а также масштаб изображения, имеется возможность выявления положения ОЦМ тела спортсмена в избранном виде спорта в каждый момент времени. Для этого, в условиях практических занятий, целесообразно применять аналитический способ определения ОЦМ спортсмена. По результатам данных математических исчислений, предоставляется возможность решения некоторых частных задач биомеханики и биомеханики спорта, а именно - выявления особенностей выполнения техники двигательного действия (положение сегментов и их центров масс, движение звеньев тела, угловые показатели и т.д.).

В данной практической работе предстоит определение общего центра тяжести тела испытуемого, который будет находиться в определенном положении (элемент техники), в соответствии с избранным видом спорта. Как известно из литературных источников, при изменении положения тела или сегментов тела в пространстве, происходит смещение не только частного центра масс сегментов, но и изменение положения общего центра масс. Данное перемещение определяет к какому виду равновесия относится положение тела.

На данный момент в биомеханике выделяются следующие виды равновесия: устойчивое, органичено-устойчивое, неустойчивое и безразличное. Для каждого из перечисленных равновесий свойственны определенные характеристики, определяющиеся не только положением ОЦМ к площади опоры, но и изменением угловых коэффициентов в суставах. На основании полученных данных можно определить, в какой момент времени, при выполнении данного элемента техники, испытуемый (спортсмен) находится в том или ином равновесии.

Практическая часть

Для решения поставленной задачи необходимо определить координаты частного центра масс каждого сегмента в избранном положении, которое представлено в практической работе № 3. Далее необходимо заполнить соответствующую таблицу и подставить полученные данные в формулы.

Пример

Используя рисунок, заполняем таблицу данных (приложение, таблица5) столбец 2 и 5. Данные каждого сегмента были рассчитаны и получены в практической работе № 1 (таблица 3).

Из таблицы 5 видно, что сегмент «туловище» приставлен как сумма верхнего, среднего и нижнего туловища. Следовательно, в таблицу 5 необходимо внести данные суммы длинны и веса составных частей представленного сегмента.

Для заполнения колонок 6 и 8, необходимо выполнить следующее. Из каждого центра тяжести каждого сегмента опускаем перпендикуляр на ось абсцисс и ординат.

После чего измеряем расстояние от полученной точки до «0», как по оси «Х», так и по оси «У». Полученные данные записываем в таблицу 5 в соответствии с сегментом.

По данному алгоритму определяются значения всех частных центров масс сегментов, представленных в таблице 5. Стоит отметить, что расположение стоп на рисунке совпадает на ось «Х», следовательно, значение по оси «У» ЧЦМ правой и левой стопы будут равняться «0».

Далее необходимо произвести расчеты в следующем порядке:

1. Вычислить значения M_{xi} и M_{yi} для каждого звена.
2. Вычислить сумму моментов сил, сложив все значения в графе 7 и 9, а также сложить массы всех сегментов (графа 5).
3. Вычислить по формулам координаты ОЦМ, по оси ОХ и ОУ, избранного положения тела

Чтобы вычислить значения момента силы тяжести каждого звена по оси ОХ (M_{xi}), применяется формула:

$$M_{xi} = m * l, \quad (5)$$

где m – масса сегмента, l – длина сегмента в миллиметрах в масштабе 1:5, которые необходимо взять из практической работы №2

По аналогии выполняются расчеты для вычисления моментов сил тяжести каждого звена по оси ОУ (M_{yi}). Полученные данные вносим в таблицу 5, после чего суммируем все данные в столбцах 5, 7 и 9.

Полученные суммы подставляем в формулу для вычисления координат общего центра тяжести:

$$\text{ОЦМ «ОХ»} = \sum M_{xi} / \sum P_i, \text{ мм} \quad (6)$$

где ОЦМ «ОХ» - координаты ОЦМ тела по оси «Х», $\sum M_{xi}$ – сумма моментов сил звеньев относительно оси абсцисс, $\sum P_i$ – сумма масс всех сегментов.

По данной формуле выполняем расчеты для определения координат ОЦМ относительно оси ординат (У)

$$\text{ОЦМ «ОУ»} = \sum M_{yi} / \sum P_i \text{ мм}$$

После чего сравниваем полученные координаты с данными положения ОЦМ, полученными в практической работе №3. Координаты ОЦМ, полученные графическим и аналитическим способами, должны совпадать.

Задания:

1. Переписать в тетрадь для практических работ тему, цель, задачу, оборудование и таблицу.
2. Внимательно изучить ход практической работы.
3. Заполнить таблицу 5 (столбцы: 2 и 5), используя данные, полученные в предыдущих практических занятиях.
4. Используя рисунок, полученный в ходе практической работы № 3 определить ЧЦМ каждого сегмента и заполнить столбец 6 и 8 таблицы 5.
5. Рассчитать моменты сил звеньев относительно осей абсцисс и ординат. Полученные данные внести в столбцы 7 и 9 таблицы 5.
6. Суммы значений в столбцах 5, 7 и 9 таблицы 5 подставить в формулы и вычислить координаты ОЦМ тела.

Контрольные вопросы:

1. В чем заключаются особенности аналитического способа определения ОЦМ положения тела.
2. Какие существуют виды равновесия тела.
3. Дайте характеристику каждому из видов равновесия с примерами из избранного вида спорта.

Список рекомендуемой литературы

1. Попов, Г.И. Биомеханика двигательной деятельности: учебник для студентов учреждений высшего профессионального образования / Г.И. Попов, А.В. Самсонова. - 3-е изд., стер. - Москва: Академия, 2014. - 320 с. - (Высш. проф. образование; Бакалавриат).
2. Биленко, А.Г. Основы измерений в биомеханике физических упражнений. Теоретический курс: учебное пособие / А.Г. Биленко, Л.П. Говорков; НГУ физической культуры, спорта и здоровья им. П.Ф. Лесгафта. – Санкт-Петербург, 2011 // Электронная библиотека вузов ФК. - Режим доступа: локальная сеть ВЛГАФК, по договору.
3. Воронов, И.А. Моделирование и биомеханический анализ спортивных поз и движений с применением пакетов трехмерной графики: учебно-методическое пособие / И.А. Воронов; НГУ физической культуры, спорта и здоровья им. П.Ф. Лесгафта. – Санкт-Петербург: [б.и.], 2010 // Электронная библиотека вузов ФК. - Режим доступа: локальная сеть ВЛГАФК, по договору.

ПРИЛОЖЕНИЕ №5

Таблицы

Таблица 1. Весовые коэффициенты сегмента тела (%)

Название сегмента	Кисть	Предплечье	Плечо	Голова-шея	Верхний отдел туловища	Средний отдел туловища	Нижний отдел туловища	Бедро	Голень	Стопа
Коэффициент массы сегмента по отношению к массе всего тела	1	2	3	7	16	16	11	12	5	2

Таблица 2. Коэффициенты регрессивного уравнения для вычисления массы сегментов по весу и длине тела.

Сегмент	B0	B1	B2
Стопа	-0,829	0,0077	0,0073
Голень	-1,529	0,0362	0,0121
Бедро	-2,649	0,1463	0,00137
Кисть	-0,01165	0,0036	0,00175
Предплечье	0,3185	0,01445	-0,00114
Плечо	0,250	0,03012	-0,0027
Голова	1,296	0,0171	0,0143
Верхнее туловище	8,2144	0,1862	-0,0584
Среднее туловище	7,181	0,2234	-0,0663
Нижнее туловище	-7,498	0,0976	0,04896

Таблица 3. Расположение ЦТ относительно длины сегмента (A, %)

Антропометрическая точка сегмента	Значения									
Проксимальная	36,9	42,7	45,0	50,0	49,3	45,0	35,4	45,5	40,5	44,2
Дистальная	63,1	57,3	55,0	50,0	50,7	55,0	64,6	54,5	59,5	55,8
Сегмент	Кисть	Предплечье	Плечо	Голова-шея	Верх. туловище	Ср. туловище	Ниж. туловище	Бедро	Голень	Стопа

Таблица 4. Вес сегмента и положение ЦТ сегмента

Сегмент	Вес сегмента	Длина сегмента		Положение ЦТ сегмента (см)	
		1:1	1:5	1:1	1:5
Стопа					
Голень					
Бедро					
Кисть					
Предплечье					
Плечо					
Голова					
Верхнее туловище					
Среднее туловище					
Нижнее туловище					

Таблица 5. Форма таблицы для расчета ОЦМ аналитическим способом

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Наименование сегмента (звена)	Длина звена, мм	Коэфф., k_i	Коэф., $P_i, \%$	P_i – вес звена, кг	x_i , мм	M_{xi} , мм	y_i , мм	M_{yi} , мм
Голова			7					
Туловище		0,44	43					
Плечо правое		0,47	3					
Плечо левое		0,47	3					
Предплечье правое		0,42	2					
Предплечье левое		0,42	2					
Кисть правая			1					
Кисть левая			1					
Бедро правое		0,44	12					
Бедро левое		0,44	12					
Голень правая		0,42	5					
Голень левая		0,42	5					
Стопа правая		0,44	2					
Стопа левая		0,44	2					
Сумма:	Σ							

Таблица 6. Форма таблицы для определения веса и длины сегмента

Название сегмента	Кисть	Предплечье	Плечо	Голова-шея	Верхний отдел туловища	Средний отдел туловища	Нижний отдел туловища	Бедро	Голень	Стопа
Вес сегмента										
Длина сегмента										

Таблица 7. Коэффициенты уравнения регрессии для вычисления длины сегмента по длине ног, длине тела и длине рук.

Сегмент	B0	B1	B2	B3
Стопа	0,516	0,0036	0,109	0,069
Голень	1,05	0,282	0,049	0,033
Бедро	5,34	0,33	0,093	-0,012
Кисть	1,28	-0,072	0,02	0,256
Предплечье	7,19	0,134	0,00165	0,062
Плечо	1,79	0,309	-0,12	0,185
Голова	15,9	-0,046	0,094	-0,047
Верхнее туловище	3,78	-0,133	0,11	0,17
Среднее туловище	3,16	-0,219	0,241	-0,042
Нижнее туловище	-12,9	-0,16	0,19	0,26

Таблица 8. Форма таблицы для определения положения ЦТ сегмента

Антропометрические данные	Вес тела (кг)	Длина тела (см)
Сегменты	Положение ЦТ (1:1)	Положение ЦТ (1:5)
Стопа		
Голень		
Бедро		
Кисть		
Предплечье		
Плечо		
Голова		
Верхнее туловище		
Среднее туловище		
Нижнее туловище		
Туловище		

Таблица 9. Коэффициенты уравнения регрессии для расчета положения ЦТ сегмента по весу и длине тела

Сегмент	B0	B1	B2
---------	----	----	----

Стопа	2,7670	0,0650	0,0330
Голень	-6,0500	-0,0390	0,1420
Бедро	-2,4200	0,0380	0,1350
Кисть	4,1100	0,0260	0,0330
Предплечье	0,1920	-0,0280	0,0930
Плечо	1,6700	0,0300	0,0540
Голова	8,3570	-0,0025	0,0230
Верхнее туловище	3,3200	0,0076	0,0470
Среднее туловище	1,3980	0,0058	0,0450
Нижнее туловище	1,1820	0,0018	0,0434

Таблица 10. Форма таблицы для расчета положения ОЦМ тела

1	2	3	4	5
№ п/п	Сегменты	P_i	X_i	PX_i
1	Стопа			
2	Голень			
3	Бедро			
4	Кисть			
5	Предплечье			
6	Плечо			
7	Голова			
8	Туловище			
9	$\sum PX_i$			
10	Координаты ОЦМ по оси ОХ			