**ГБПОУ Дзержинский педагогический колледж**

**Практические работы**

**в курсе изучения учебной дисциплины**

**«Биомеханика»**

**(для спец. Физическая культура)**

Преподаватель: Петелин А.С.

Дзержинск-2018

|  |  |
| --- | --- |
| **Одобрено на заседании ПЦК преподавателей спец. \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**  **Протокол №\_\_\_\_\_\_\_от\_\_\_\_\_\_\_\_**  **Председатель ПЦК \_\_\_\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_/**  **Составитель Петелин А.С.** | **Методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов составлены в соответствии с требованиями федеральных государственных образовательных стандартов среднего профессионального образования по спец. \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_** |

Практические работы составлены в соответствии с рабочей программой учебной дисциплины. Представлены задания по выполнению каждого вида практической работы, методические указания по выполнению разных видов практических работ, критерии оценки.

**ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА**

Практические работы разработаны в соответствии с рабочей программой учебной дисциплины «Основы биомеханики» Содержание практических работ по данной дисциплине соответствует требованиям Федерального Государственного Образовательного Стандарта среднего профессионального образования нового поколения.

По учебному плану рекомендуемое количество часов на освоение программы дисциплины следующее:

- обязательная аудиторная учебная нагрузка - 36 часов;

- практические и лабораторные работы работа- 12 часов.

. В практическую часть включены занятия по решению задач и примеров, которые позволяют понять и закрепить материал определенного теоретического раздела. При проведении лабораторных работ студенты учатся творчески подходить к исследовательской работе, правильно выбирать оптимальные методы изучения физических упражнений и движений спортсмена. Все практические и лабораторные работы описаны по единой схеме

В результате практической деятельности обучающийся должен

**уметь:**

**-**применять знания по биомеханике при изучении профессиональных модулей и в профессиональной деятельности (определять и выбирать наиболее рациональное и эффективное выполнение двигательного действия);

-проводить биомеханический анализ двигательных действий:

-исследовать структуру времени отдельных двигательных действий в системе целостного физического упражнения;

-определять положение общего центра тяжести аналитическим и графическим методами;

-составлять хрононограммы по материалам киносъемки физического упражнения;

-определять уровень развития физических качеств

**Практическая работа №1**

**Тема1.2.Биомеханические характеристики двигательного аппарата человека**

**Цель**: научиться оценивать кинематические и динамические характеристики, которые присутствуют при выполнении спортсменом того или иного двигательного действия.

**Литература**

Аварханов М.А. Биометрия в сфере физической культуры и спорта [Электронный ресурс] : учебное пособие для студентов высших учебных заведений / М.А. Аварханов. — Электрон. текстовые данные. — М. : Московский педагогический государственный университет, 2015. — 120 c. — 978-5-4263-0207-5. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/69997.html

Донской Д.Д. Законы движений в спорте [Электронный ресурс] : очерки по теории структурности движений / Д.Д. Донской. — Электрон. текстовые данные. — М. : Советский спорт, 2015. — 178 c. — 978-5-9718-0750-6. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/40926.html>

**Основные теоретические положения**

Биомеханические характеристики – это меры механического состояния биосистемы и ее изменения (поведение). Биомеханические характеристики описывают тело человека как объект механического движения и определяются через количественные и качественные характеристики.

Кинематика движений определяет геометрию (пространственную форму) движений, и их изменения во времени (характер) без учета масс и действующих сил. Она дает в целом только внешнюю картину движений.

Кинематические характеристики тела человека и его движений – это меры положения и движения человека в пространстве и во времени (пространственные, временные, пространственно – временные).

Для раскрытия механизма движения человека и движимых им тел используют динамические характеристики. К ним относятся:

- инерционные (особенности тела человека и движимых им тел);

- силовые (особенности взаимодействия звеньев тела и других тел);

- энергетические (состояния и изменения работоспособности биомеханических систем).

**Задание с рекомендациями:** Решение задач линейных перемещений.

**Формулы линейных перемещений, рекомендуемые при выполнении данной работы:**

Vср = S/ t;

V – cкорость

S – путь

t – время

a = (Vt – Vo) / t;

a – ускорение

Vt – Vo – изменение скорости

t – время

F = m \* a;

F – сила

m – масса

a – ускорение

Eк = (m \* V2) / 2;

Eк - кинематическая энергия

m - масса

V - скорость

En = m \* g \* h;

En – потенциальная энергия

g = 9,8 м/сек2 – ускорение свободного падения

h – высота

Eк1 + En1 = Eк2 + En2 – формула сохранения энергии

A = F \* S;

A – работа

F – сила

S – пройденный путь

A тяж = P \* h;

A тяж – работа силы тяжести

P – вес тела

h = h нач. – h кон.

Vср. = (Vo + Vt) / 2;

Vср. – средняя скорость при равноускоренном движении

Vo – начальная скорость

Vt – скорость после времени t

Vt = Vo + at формулы равноускоренного движения

S = Vo\*t + (at2) / 2 S – пройденный путь

Vt = 2 a\*S – если начальная скорость равна 0.

Vt = Vo – at

S = Vo\*t – (at2) / 2 формулы равнозамедленного движения

Vt = gt

h = Vot – (gt2) / 2 формулы для подсчета, когда тело брошено вверх

Vt = Vo - gt

h = (gt2) / 2 (Vo = 0)

V =  2 gh если тело падет с высоты вниз

Vt = Vo + gt

**Практические задания**

1. Велосипедист начинает двигаться с ускорением 20 м/сек2. Через какое время Vt велосипедиста будет равно 7,2 км/час.
2. Дано:

a = 20 м/cек2

Vt = 7.2 км/час

t - ?

2. Лыжник, спускаясь с горы, движется равноускоренно и в конце 3-й секунды имеет V = 10,8 км/час. Определить с каким ускорением движется лыжник.

Дано:

Vt = 10.8 км/час

t = 3 сек.

a - ?

3. Спортсмен прыгает в воду с высоты h = 10 м. Определить время и V скорость тел при входе в воду.

Дано:

h = 10 м

g = 9,8 м/сек2

t пол.- ?

V пол. - ?

4. Мяч подброшен вертикально вверх с начальной скоростью Vo = 29,4 м/сек.

Определить:

V1 – скорость мяча через 2 сек. t = 2 сек

H – высоту мяча через 4 сек.

H max – максимальную высоту

V – скорость мяча на высоте h = 10 м.

1. Дано:

t = 2 сек.

Vo = 29,4 м/сек.

Vt - ?

2. Дано:

t = 4 сек.

Vo = 29,4 м/сек.

ht = ?

3. Дано:

Vo = 29,4 м/сек

g = 9.8 м/сек2

H max - ?

4. Дано:

Oo = 29.4 м/сек

h = 10 м

V - ?

**Критерии оценки:**

**«5» -** работа выполнена полностью, без ошибок

«**4» -**допущены 2 незначительные ошибки;

**«3»**- выполнено 2\3 за

**Практическая работа №2**

**Тема 2.2. Биомеханика физических качеств**

**Цель –** научиться оценивать двигательные качества, которые проявляет спортсмен при выполнение определенного двигательного действия.

**Литература.**

Аварханов М.А. Биометрия в сфере физической культуры и спорта [Электронный ресурс] : учебное пособие для студентов высших учебных заведений / М.А. Аварханов. — Электрон. текстовые данные. — М. : Московский педагогический государственный университет, 2015. — 120 c. — 978-5-4263-0207-5. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/69997.html

Донской Д.Д. Законы движений в спорте [Электронный ресурс] : очерки по теории структурности движений / Д.Д. Донской. — Электрон. текстовые данные. — М. : Советский спорт, 2015. — 178 c. — 978-5-9718-0750-6. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/40926.html>

Каймин М.А. Общая теория циклических локомоций (на примере ходьбы и легкоатлетических

**Основные теоретические положения**

*Двигательными* (или физическими) качествами принято называть отдельные качественно различные стороны моторики человека. Ими являются быстрота, сила, выносливость, гибкость, ловкость.

В биомеханике *силой действия человека* называется сила воздействия его на внешнее физическое окружение, передаваемая через рабочие точки своего тела.

Сила действия человека может быть представлена в виде вектора и определена указанием направления, указанием величины, указанием точки приложения.

*Скоростные качества* характеризуются способностями человека совершать двигательные действия в минимальный для данных условий отрезок времени.

Основные факторы, характеризующие быстроту:

- скрытый латентный период двигательной реакции (простой и сложной);

- скорость одиночного движения;

- частоту движений.

*Выносливость –* способность выполнять работу длительное время на фоне утомления. Выносливость характеризуются эргометрией ( совокупность количественных измерений физической работоспособности), утомлением и его биомеханическими проявлениями.

Утомлением называется вызванное работой временное снижение работоспособности (сенсорное, эмоциональное, физическое)

*Гибкостью* называется способность выполнять движения с наибольшей амплитудой. Выделяют пассивную и активную гибкость.

**Задание с рекомендациями:** Решение задач по определению показателей физических качеств при занятиях физической культурой и спортом

Двигательные качества, проявляемые спортсменом при выполнении двигательного действия, определяются через решение задач (определении коэффициентов выносливости, запаса скорости, энергозатрат, абсолютной и относительной выносливости) Формулы для решения задач прилагаются.

**Формулы и уравнение, используемые для решения примеров и задач к теме № 5 «Биомеханика двигательных качеств»**

V = F \* l (в движениях циклического характера)

V – скорость передвижения

f – частота

l – длина мяча

Уравнение № 1:

Д = а + б \* t max;

Д – дистанция

а и б – коэффициенты

Е – суммарная величина энергии

Уравнение № 2:

Е = а1 + б1 \* tm;

Е – суммарная величина энергии

tn – предельная продолжительность работы

а1 – аиаэробная энергопродукция

б1 – аэробная энергопродукция

Уравнение № 3:

V = a/ tm + б;

Уравнение № 4:

КВ = t дист / t эт:

КВ – коэффициент выносливости

t – время прохождения дистанции

t эт – эталонное время

ЗС = tg / n – t эт;

ЗС – запас скорости

n – число эталонных отрезков

t эт – эталонное время

К1 = A / E; (валовый коэффициент)

А – выполненная работа (дж)

Е – затраченная энергия (дж)

К2 = А / (Е – Еn); (НЕТТО – коэффициент)

Еn – энергия, затрачиваемая в состоянии покоя

К3 = (А2 – А1) / (Е2- Е1); (дельта-коэффициент)

А1 и А2 – величины работы (Дж)

Е1 и Е2 – энергозатраты (дж)

**Задача 1.**

Спортсмен пробегает дистанцию

I вар. – 5000 м – 15,00

IIвар. – 3000 м – 8,90

Лучший результат в беге на 100 м

I вар. – 11,5 сек

II вар.- 11,6 сек

Определить:

* 1. Коэффициент выносливости
  2. Запас скорости

**Задача 2.**

I вар. Бегун имеет предельную продолжительность работы 1 мин 27 сек

II вар. Конькобежец имеет предельную продолжительность работы 1 мин 18 сек.

Определить дистанцию, которую пройдет спортсмен за указанное время.

**Задача 3.**

I вар. В забеге на 10000 м 1-й спортсмен показал результат 28 мин 34 сек. Второй спортсмен показал результат 28 м 58 сек.

Лучший результат на 100 м 1 спортсмен – 11,4 сек, 2 спортсмен – 11,5 сек.

II вар. В забеге на 5000 м 1-й спортсмен показал результат 13м 27 сек, 2-ой – 13 мин 44 сек.

Результаты на 100 м у 1-го – 11,6 сек, у 2-го – 11,7 сек. Кто из этих спортсменов относительно выносливее.

**Задача 4.**

При педалировании на велоэргометре в течение определенного времени спортсменом выполнялась работа с 2-мя мощностями.

Определить:

1. валовой коэффициент;
2. НЕТТА – коэффициент при работе с 1-ой и 2-ой мощностью отдельно;
3. Дельта-коэффициент.

I вар. В 1-м случае мощность равна 60 Вт, энергозатраты – 4000 Дж.

II вар. В 1-м случае мощность – 70 Вт ,энергозатраты 5000 Дж, во 2-м случае мощность – 260 Вт ,энергозатраты 13000 Дж. Время выполнения работы в обоих случаях 2 мин 00 сек. Энергозатраты в состоянии покоя – 750 Дж.

**Критерии оценки:**

**«5» -** Работа выполнена полностью

**«4»-** Допущены 2 незначительные ошибки

**«3»-** Выполнено 2/3 задания

**Практическая работа №3**

**Тема 2.3. Система движений и организация управления движениями.**

**Цель:** Научиться производить расчеты при локомоторных движениях спортсмена

**Литература.**

Аварханов М.А. Биометрия в сфере физической культуры и спорта [Электронный ресурс] : учебное пособие для студентов высших учебных заведений / М.А. Аварханов. — Электрон. текстовые данные. — М. : Московский педагогический государственный университет, 2015. — 120 c. — 978-5-4263-0207-5. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/69997.html

Донской Д.Д. Законы движений в спорте [Электронный ресурс] : очерки по теории структурности движений / Д.Д. Донской. — Электрон. текстовые данные. — М. : Советский спорт, 2015. — 178 c. — 978-5-9718-0750-6. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/40926.html>

**Основные теоретические положения**

Состав движений – это ее элементы, те движения, из которых она состоит.

Элементарное действие – это наименьший элемент системы движений (пространственный), имеющий относительно самостоятельное значение, известный смысл и определяющий определенное задание.

Из элементарных действий состоят более крупные подсистемы. (пример: в лыжном ходе отталкивание включает в себя элементарные действия: отталкивание ногой, махи рукой и ногой и т.п.).

Фаза – это наименьший элемент системы движений, включающий все движения от начала до конца и осуществляющий определенное задание.

Фазы характеризуются длительностью последовательности, характеристиками движений. Позы тела на границе двух фаз в момент их смены называют пограничными, которые являются конечными для передвижения фазы и исходными – для последующей.

Фазы имеющие общие особенности составляют периоды (например, периоды опоры и периоды полета в беге), из которых состоят циклы движений или однократные акты.

Для выделения подсистем с целью построения модели действия используют следующие правила (По Х.Гроссу):

1. устанавливают строго определенные границы каждой подсистемы;
2. выявляют конкретное задание данной подсистемы (подцель – как часть общей цели упражнения);
3. рассматривают взаимодействие всех движений в подсистеме.

Для совершенства системы движений существенно не только из каких движений она состоит (состав системы), но и как организованна в них целостная система, как все элементы объединены (какова структура системы).

Скоростные качества характеризуются способностями человека совершать двигательные действия в минимальный для данных условий отрезок времени.

Основные факторы быстроты:

1. Скрытый латентный период двигательной реакции (реакция простая и сложная).
2. Скорость одиночного движения.
3. Частота движения.

В некоторых случаях показателем быстроты используют скорость торможения.

В движениях циклического характера:

V = f \* L

V – скорость передвижения.

F – частота.

L – длина шага

**Задание с рекомендациями**

Расчет скорости и времени участников забега на 200м. и400м.

**Задача 1.**

В забеге на 200 м участвуют 6 бегунов. У 1-го бегуна длина шага – 2 м 40 см, частота – 4,2 шага/сек на первых 100 м.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Бегун | Длина | Частота |
| 2-го | 2 м 42 см | 4,1 ш/сек |
| 3-го | 2 м 43 см | 4,1 ш/сек |
| 4-го | 2 м 47 см | 4,0 ш/сек |
| 5-го | 2 м 50 см | 3,9 ш/сек |
| 6-го | 2 м 53 см | 3,8 ш/сек |

вторые 100 м

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Бегун | Длина | Частота |
| 1-го | 2 м 39 см | 4,2 ш/сек |
| 2-го | 2 м 40 см | 4,0 ш/сек |
| 3-го | 2 м 43 см | 4,0 ш/сек |
| 4-го | 2 м 45 см | 3,8 ш/сек |
| 5-го | 2 м 45 см | 3,9 ш/сек |
| 6-го | 2 м 42 см | 3,7 ш/сек |

Определить скорость каждого участника забега

**Задача 2.**

В забеге на 400 м участвуют 6 бегунов.

Первые 200 м

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Бегун | Длина | Частота |
| 1-го | 2 м 43 см | 3,9 ш/сек |
| 2-го | 2 м 38 см | 3,8 ш/сек |
| 3-го | 2 м 41 см | 3,7 ш/сек |
| 4-го | 2 м 45 см | 3,8 ш/сек |
| 5-го | 2 м 44 см | 4,1 ш/сек |
| 6-го | 2 м 40 см | 4,0 ш/сек |

Вторые 200 м

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Бегун | Длина | Частота |
| 1-го | 2 м 42 см | 3,8 ш/сек |
| 2-го | 2 м 38 см | 3,9 ш/сек |
| 3-го | 2 м 40 см | 3,6 ш/сек |
| 4-го | 2 м 40 см | 3,6 ш/сек |
| 5-го | 2 м 35 см | 3,5 ш/сек |
| 6-го | 2 м 37 см | 3,8 ш/сек |

Определить порядок прихода участников забега.

**Критерии оценки:**

**«5» -** Работа выполнена полностью

**«4»-** Допущены 2 незначительные ошибки

**«3»-** Выполнено 2/3 задания

**Лабораторная работа № 1**

**Тема.** Определение положения общего центра тяжести (ОЦТ) тела человека аналитическим методом.

**Цель работы:** научиться производить расчеты по определению ОЦТ при выполнении спортсменом физических упражнений.

**Материалы и оборудование:**

1. фотограммы исследуемого положения спортсмена в двух плоскостях (сагиттальной и фронтальной);
2. измерительные линейки, угольники, транспортиры, карандаши;
3. миллиметровая бумага.

**Теоретические сведения.** Для биомеханической характеристики условий равновесия спортсмена необходимо определить место локализации ОЦТ тела. ОЦТ человеческого тела1 можно определить как точку приложения равнодействующей всех сил тяжести, действующих на него. Расположение ОЦТ обусловливается анатомо-физиологическими особенностями тела человека, позой, функционированием дыхательной, пищеварительной, сердечно-сосудистой и других систем, обеспечивающих перемещение значительных масс вещества в организме в различные моменты его жизнедеятельности. Так, известно, что в положении стоя или лежа удельный вес грудного отдела туловища изменяется в зависимости от фазы дыхания (при вдохе вес меньше, при выдохе больше). При переходе из горизонтального положения в вертикальное и наоборот, кровь, перемещаясь по инерции в противоположную от движения сторону, увеличивает или уменьшает на некоторое время вес отдельных частей тела. Координаты ОЦТ можно рассматривать и как функцию от координат расположения всех биозвеньев. В связи с тем, что равнодействующая параллельных сил, действующих на все части тела, приложена к его общему центру тяжести, то ОЦТ можно считать центром массы и центром инерции.Определение расположения ОЦТ представляет важную задачу не только для биостатики, но и для биокинематики и биодинамики. Описание траектории движения ОЦТ при выполнении физических упражнений позволяет получить данные о перемещении тела спортсмена в пространстве. В частности, изменение траектории движения ОЦТ отражает действие на тело внешних сил, что открывает возможности для определения многих биодинамических характеристик двигательной системы (механическую работу, мощность и т. д.) в конкретном двигательном действии. Организм состоит из тканей различной плотности и разного веса, что затрудняет определение места расположения центра тяжести каждой части тела и биозвена.

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

1 В биомеханике под местом расположения общего центра тяжести тела подразумевают не только геометрическую точку, но и всю сферу, в которой эта точка находится. В положении стоя эта сфера располагается в области малого таза на уровне III-IV крестцовых позвонков.

Для удобства условились считать среднюю плотность как истинную плотность, т.е., что тело имеет однородное строение.

Исходя из этого, расположение ОЦТ тела можно определить аналитически, используя теорему Вариньона: момент равнодействующей силы относительно оси равен алгебраической сумме моментов составляющих сил относительно той же оси. Вначале определяют момент силы тяжести каждого биозвена относительно условной оси как произведение его веса на кратчайшее расстояние от центра тяжести до этой оси. Биозвенья тела человека, как правило, имеют сложную неправильную геометрическую форму; кроме того, их массы располагаются несимметрично по отношению к центрам тяжести. Поэтому положения центров тяжести биозвеньев (табл.1) были установлены экспериментально.

**Ход работы.** Сфотографировать испытуемого в двух плоскостях — сагиттальной и фронтальной (в кадре устанавливается масштабная рейка — рис.1).

1. Выбрать масштаб для определения истинных линейных размеров объектов по фотограмме. Масштаб устанавливают по формуле где М — масштаб; I — размер ориентира на фотограмме; L — истинный линейный размер ориентира.

Например, если масштаб выбран 1 : 10, а истинный размер ориентира L = 200 см, то его размер на фотограмме I = L . М = 200 .1/10=20 см.

Рис. 14. Фотограммы для определения общего центра тяжести:

а - в сагиттальной плоскости; б - во фронтальной плоскости.

На фотограмме провести систему плоских декартовых координатдинат.

1. По анатомическим и антропометрическим ориентирам на фотограмму нанести точки центров суставов и точки центров тяжести (ЦТ) головы и кистей (см. табл. 1).
2. По графе 2 табл. 1 определить вес каждого биозвена тела. Например: общий вес (Р) равен 80 кг, относительный вес туловища 43%, абсолютный вес туловища равен .80\*43/100 =34,4 кг. Данные проставить в графе 3 таблицы.
3. Измерить длину всех биозвеньев (за исключением головы л кистей) от проксимального до' дистального сустава. Данные завести в графу 4.

Таблица 1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Биозвенья тела | Относительный вес биозвена % | Абсолютный вес биозвена |  | Расстояние проксимального конца до центра тяжести (ТЦ) беозвена | |  |  |  | |  |
| % | лш |  |  |  | |  |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | | 9 | 10 |
| Голова | 7 |  |  | \* |  |  |  | |  |  |
| Туловище | 43 |  |  | 44 |  |  |  | |  |  |
| Плечо правое | 3 |  |  | 47 |  |  |  | |  |  |
| Плечо левое | 3 |  |  | 47 |  |  |  | |  |  |
| Предплечье правое | 2 |  |  | 42 |  |  |  | |  |  |
| Предплечье левое | 2 |  |  | 42 |  |  |  | |  |  |
| Кисть правая | 1 |  |  | \*\* |  |  |  | |  |  |
| Кисть левая | 1 |  |  |  |  |  |  | |  |  |
| Бедро правое | 12 |  |  | 44 |  |  |  | |  |  |
| Бедро левое | 12 |  |  | 44 |  |  |  | |  |  |
| Голень правая | 5 |  |  | 42 |  |  |  | |  |  |
| Голень левое | 5 |  |  | 44 |  |  |  | |  |  |
| Стопа правая | 2 |  |  | 44 |  |  |  | |  |  |
| Стопа левая | 0 |  |  | 44 |  |  |  | |  |  |
| Итого | 100 |  |  |  |  | Ерх |  | |  | Еру |

ЦТ расположен над наружным слуховым отверстием (в сагиттальной плоскости) и на переносице в области линии соединения носовых костей (во фронтальной плоскости). ЦТ находится на пястно-фаланговом суставе третьего пальца.

1. Определить центр тяжести каждого биозвена испытуемого (длину биозвена умножить на относительное расстояние центра тяжести от проксимального конца (графа 5) и данные проставить в графу 6, а на фотограмму нанести соответствующие точки).
2. Измерить расстояние от центров тяжести всех биозвеньев тела испытуемого на фотограмме до проведенной ранее оси ординат. Результаты являются абсциссами каждого центра тяжести. Данные проставить в графу 7.
3. Вычислить моменты сил тяжести каждого биозвена относительно оси абсцисс по формуле Мх = Рп • Хп, где Мх — момент тяжести относительно оси к\'Рп —вес исследуемого биозвена; кп — абсцисса его центра тяжести. Данные записать в графу 8.
4. Измерить расстояние от центров тяжести всех биозвенье тела испытуемого на фотограмме до проведенной ранее оси абсцисс. Результаты являются ординатами каждого центра тяжести Данные занести в графу 9.
5. Вычислить моменты тяжести каждого биозвена относительно оси ординат по формуле Му = Рп • уп, де Му — момент тяжести относительно оси у\ Рп — вес исследуемого биозвена; УП — ордината его центра тяжести. Данные проставить в графу 10.
6. Сложением моментов тяжести всех биозвеньев определить их сумму относительно оси абсцисс и оси ординат (согласно теореме о моменте равнодействующей силы относительно оси)

где Р — вес всего тела; хс — искомое расстояние центра тяжести тела от оси ординат.

Уравнение для суммы моментов относительно оси у можно записать иначе; если I = РХС, ТО %Р&1 = Рус, где 8 (сигма) - условное обозначение суммирования; *РiХi* и Pi \ ji — соответствующие моменты всех биозвеньев тела испытуемого на фотограмме.

1. Из уравнения ЕР/я\* = Рхс определить: Числовую величину хс откладывают на оси абсцисс от начала координат и опускают перпендикуляр к оси в найденной точке.
2. Пользуясь уравнением ЕРiУi = Рус установить: Числовую величину ус также откладывают от начала координат, но по оси ординат. В найденной точке к этой оси провести перпендикуляр. В точке пересечения перпендикуляров находится искомый ОЦТ тела.
3. Если возникает необходимость в пространственном определении ОЦТ, то к данной плоской системе координат нужно восстановить третью ось (г) – аппликату. Все операции производятся аналогично рассмотренным выше.
4. На миллиметровой бумаге в выбранном масштабе вычертить прямоугольную систему координат, на которую нанести координаты центров тяжести всех биозвеньев.
5. На системе координат проставить координаты ОЦТ тела.
6. Дать биомеханическую оценку положения тела спортсмена с учетом описания условий его равновесия и места расположения ОЦТ.
7. Описать преимущества и недостатки этого метода исследования.

**Контрольные вопросы**

1. Что такое ОЦТ?
2. В чем сущность аналитического метода?
3. Каковы анатомо-физиологические особенности локализации ОЦТ тела человека?
4. Что такое момент силы тяжести тела?
5. Каково содержание теоремы Вариньона?
6. Какие процентные соотношения имеют весовые показатели крупнейших биозвеньев тела человека?
7. Какое относительное расстояние центра тяжести каждого биозвена от проксимального его конца по продольной оси?
8. Какая последовательность работ при определении ОЦТ тела человека аналитическим методом?

**Лабораторная работа № 2**

**Тема:** Определение положения ОЦТ тела графическим методом.

**Цель работы:** научиться графически определять ОЦТ при выполнении физических упражнений.

**Материалы и оборудование:**

1. фотограммы исследуемого положения спортсмена в двух плоскостях (сагиттальной и фронтальной);
2. измерительные линейки, угольники, транспортиры, карандаши;
3. миллиметровая бумага.

**Теоретические сведения.** Определение равновесия тела и отдельных его частей графическим способом имеет существенное значение для оценки рациональности спортивной техники в различных видах спорта. Равновесие тела человека предусматривает его неподвижность в пространстве относительно определенной системы осей координат. Поскольку тело спортсмена в равновесии находится под действием приложенных сил, то оно деформируется. Эти деформации могут быть столь значительными, что их легко установить (удлинение растянутой мышцы, вызывающее видимое изменение объема биозвена, и т.д.). Но в большинстве случаев деформации мало заметны по сравнению с изменением конфигурации всего тела спортсмена вследствие перемещения отдельных его биозвеньев. При этом тело для удобства исследований условно рассматривают как абсолютно твердое, т. е. такое, в котором действие сил не вызывает никаких деформаций. Равнодействующей параллельных между собой сил притяжения к земле всех частей тела человека является его вес, а центр этих параллельных сил есть центр тяжести тела человека.



Рис. 15. Схема определения центра .тяжести верхней конечности (ЦТ ВКСтз) графическим способом.

Из теоретической механики известно, что каждые две параллельные силы, направленные в одну сторону, имеют равнодействующую, им параллельную и направленную в ту же сторону. Модуль этой равнодействующей всегда равен сумме модулей составляющих сил, а точка приложения ее делит расстояние между точками приложения составляющих на части, обратно пропорциональные этим силам. Проекция равнодействующей параллельных: ил на какую-либо ось равна сумме проекций составляющих сил на ту же ось. Теорема Вариньона для системы направленных в одну сторону параллельных сил гласит, что общий момент системы направленных в одну сторону параллельных сил равен моменту равнодействующей.

В качестве системы двух параллельных сил, направленных в )дну сторону, в теле человека могут быть рассмотрены силы тяжести любых соседних биозвеньев (например, плеча и предплечья — рис. 15). Эти параллельные силы приложены в центрах тяжести биозвеньев. Для определения равнодействующей их необходимо сложить. Равнодействующая находится на линии, соединяющей центры тяжести плеча и предплечья. Графически линейные размеры ее вектора соответствуют сумме векторов составляющих сил тяжести, и приложена она в точке, делящей линию соединения центра тяжести плеча и предплечья в отношении, обратно пропорциональном модулям их сил тяжести. Если можно графически таким способом определить общий центр тяжести двух соседних биозвеньев, то не представляет труда найти общий центр тяжести всех биозвеньев тела.

**Ход работы.**

1. Испытуемого сфотографировать в исследуемом положении в двух плоскостях - сагиттальной и фронтальной (при несложных исследованиях - можно в одной). В кадре должна быть масштабная рейка.
2. Установить масштаб для определения истинных линейных размеров объектов по фотограмме (см. лабораторную работу 1).
3. Взвесить испытуемого для определения его веса, кг.
4. Абсолютный вес каждого биозвена тела испытуемого определить по графе 2 табл. 1.
5. Измерить длину всех биозвеньев тела испытуемого (за исключением биозвеньев головы и кистей, центры тяжести которых известны).
6. Пользуясь данными графы 5 табл. 1, определить центр тяжести каждого биозвена и обозначить точкой на фотограмме.
7. Провести на фотограмме систему плоских прямоугольных координат и определить координаты центров тяжести всех биозвеньев. Для этого необходимо перенести координатную систему на миллиметровую бумагу (в некоторых случаях графические действия можно производить непосредственно на фотограмме) и все дальнейшие построения выполнять на ней (пользуясь материалом § 5 и 6, рис. 16).
8. Найти поочередно общие центры тяжести каждых двух соседних биозвеньев тела, для чего прямой линией соединить их центры тяжести. Затем измерить расстояние между ними. Линия соединения делится на части обратно пропорционально величинам сил тяжести биозвеньев. Место расположения точки общего центра тяжести каждой пары биозвеньев определяется по формуле Рi \_(1-х)Рг~ где РI и РZ - вес изучаемых биозвеньев; / - расстояние между ними; х — искомое расстояние от центра тяжести одного из биозвеньев до их общего центра тяжести.



Рис. 1. Биостатическая схема положения тела человека, построенная для определения ОЦТ графическим способом.

1. Суммируя таким же образом полученные координаты общих центров тяжести каждой пары биозвеньев, найти общую для всего тела равнодействующую (равную его весу), которая и будет приложена в точке, называемой ОЦТ.
2. Если работа выполнялась на миллиметровой бумаге, то по известным координатам следует перенести точку ОЦТ на фотограмму. Данные проставить в общую таблицу.
3. Дать биомеханическую оценку исследуемого положения тела спортсмена с учетом описания условий его равновесия и места расположения ОЦТ.
4. Описать преимущества и недостатки этого метода исследования.

**Контрольные вопросы**

1. В чем сущность теоремы о равнодействующей параллельных сил, направленных в одну сторону?
2. Чему равна проекция равнодействующей параллельных сил на определенную ось?
3. Каково содержание теоремы Вариньона для системы направленных в одну сторону параллельных сил?
4. Как определить величину равнодействующей направленных в одну сторону параллельных сил?
5. Как найти точку приложения равнодействующей двух параллельных сил, направленных в одну сторону?
6. Какова последовательность выполнения работ по определению ОЦТ человека графическим способом?

**Лабораторная работа № 3**

**Тема:** Составление хронограмм по материалам киносъемки физического упражнения.

**Цель работы:** научиться самостоятельно исследовать структуру времени отдельных двигательных действий в системе целостного физического упражнения.

**Материалы и оборудование:**

1. кинопленка с изображением физического упражнения;
2. кинограммы физического упражнения;
3. фотоувеличители;
4. увеличительные стекла (лупы);
5. измерительные угольники, линейки, транспортиры, циркули, карандаши;
6. миллиметровая бумага.

**Теоретические сведения.** Физическое упражнение представляет собой сложную многоструктурную систему целенаправленных и зависимых друг от друга двигательных действий. Одной из важнейших причин, связывающих отдельные двигательные элементы в целостное упражнение, является фактор времени. Структура времени в значительной мере определяет не только внешний кинематический эффект физического упражнения, но и общий спортивный результат его. Изучение взаимосвязи временных характеристик в кинематической структуре физического упражнения представляет интерес для решения многих теоретических проблем биомеханики и для обоснования методики обучения спортивной технике в выбранном виде спорта. Сущность данного метода заключается в регистрации движений человека при помощи киносъемки с дальнейшей обработкой материалов. Степень точности исследования при этом зависит не только от мастерства оператора, но и от качества кинорегистрирующей аппаратуры, которая должна иметь исправную систему учета скорости (частоты) съемки.

0,06 0,09

0,09

0,13

0,19 0,03



I

II

III

IV

VI

Рис. 22. Линейная хронограмма прыжка в высоту с разбега (в сек):

/ - мах правой ногой; // - мах левой ногой и толчок; /// - толчок левой ногой; IV - полет в шаге; V - подъем ног и разгибание в коленном суставе; VI - приземление с выносом прямых ног вперед.

Если известна частота киносъемки рчаст— ^-кадр/сек, то длиnельность физического упражнения можно найти по формуле t - - сек, V

где / — искомое время киносъемки;

s — длительность киносъемки;

v — частота киносъемки. Время выполнения каждого двигательного элемента или фаз изучаемого упражнения можно определить при просмотре кинопленки или изготовленной кинограммы путем подсчета интервалов между отпечатками поз спортсмена. Более детальная и точная характеристика временной структуры возможна после построения хронограмм физического упражнения. Хронограмма показывает время выполнения двигательных фаз в общей кинематической структуре биомеханической системы физического упражнения. Хронограммы бывают линейными и круговыми. В линейной хронограмме длительность фазы определяется отрезком прямой, длина которого пропорциональна числу кадров, относящихся к данной фазе движения (рис. 22).

1 Хронограмма - график (или диаграмма) времени выполнения двигательных фаз упражнения. В круговой хронограмме по окружности откладываются длины дуг, пропорциональные времени. Круговые хронограммы обычно применяются при изображении длительности двигательных фаз одного законченного цикла движений (рис. 23).

При построении круговой хронограммы требуется разместить на окружности определенное количество равных отрезков дуги, соответствующих числу кадров (га) кинопленки заснятого физического упражнения. Для этого необходимо предварительно определить радиус искомой окружности по формуле г = 2^, где L - длина окружности в см.

Например: изучаемый цикл движения располагается на 20 кадрах кинопленки. Необходимо, чтобы длина окружности равнялась 20 см; радиус окружности в данном случае 20 = 20 составляет— 2-УТ4 6-28 - ^ Л см.

При построении круговой хронограммы можно использовать угловой масштаб. «Единичный угол» а, соответствующий времени интервала между кадрами, определяют по формуле

360°



Рис. 23. Круговая хронограмма прыжка в высоту с разбега:

/ - мах правой ногой; // - мах левой и толчок; III - толчок левой ногой; IV - полет в шаге; V - подъем ног и разгибание в коленном суставе; VI - приземление с выносом ног вперед.

где n — число кадров циклического упражнения.

Если, например, n=10, то ,/« = 360°: 10 = 36°.

Круговые хронограммы можно строить и при помощи полярных сеток. Длительность фазы при этом будет равняться аrk (k - число интервалов между кадрами, соответствующими фазе движения). В связи с тем, что результат определяется в градусах, величину легко подсчитать на полярной сетке. В процессе изготовления как линейной, так и круговой хронограммы необходимо придерживаться единых правил оформления чертежей.'На диаграммах номера кадров, например, удобно отмечать цифрами, площади, занятые фазами, следует аккуратно штриховать, внутри можно проставить продолжительность, над диаграммой - названия фаз. В зависимости от характера физического упражнения и задач биомеханического исследования следует выбирать и объект для составления хронограмм. В одном случае это может быть хронограмма только движений рук или ног, в другом - всего тела и т. д. Если исследование проводится комплексно, то особо ценным является построение в одном масштабе диаграммы времени движения всех крупных биозвеньев тела спортсмена.

Хронограммы физических упражнений можно сравнивать, находить ошибки в спортивной технике, объективно устанавливать образцы лучшего выполнения и рекомендовать их в практику.

**Ход работы.**

1. Просмотреть кинопленку или кинограмму, установить начало и конец физического упражнения.
2. Расчленить упражнение на двигательные фазы.
3. Составить расчетную таблицу (табл. 3).

Таблица 3. Определение временных характеристик фаз упражнения

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Порядковый номер фазы** | **Название фазы** | **Номера кадров кинопленки, кинограммы** | **Число временных интервалов** | **Время выполнения фазы, сек** |
| **1** | **2** | **3** | **4** | **5** |
|  |  |  |  |  |

Примечания.

1. В 1-ой графе указывают порядковый номер фазы в соответствии е ее местом в полном цикле физического упражнения.
2. В 3-ю графу заносят номера кадров от начала до конца фазы.
3. Просмотреть каждый кадр кинопленки или кинограммы через фотоувеличитель или увеличительное стекло. Последовательно пронумеровать все кадры кинопленки или кинограммы в том порядке, в котором они сняты. Отметить, какие кадры (под каким номером) какой фазе соответствуют, и данные записать в 3-ю графу табл. 3.
4. Определить количество временных интервалов в каждой фазе. Полученные данные занести в 4-ю графу.
5. Вычислить длительность каждой фазы с учетом частоты киносъемки. Полученные данные поставить в 5-ю графу.

Пример: частота киносъемки - 24 кадра в 1 сек, фаза насчитывает 11 кадров (10 интервалов), длительность фазы равна 10/24 сек (0,41 сек).

1. Построить диаграмму времени двигательных фаз изучаемого физического упражнения – хронограмму.
2. После построения хронограммы оценить распределение времени и качество выполнения разными спортсменами изучаемого физического упражнения.
3. При групповых занятиях желательно произвести анализ хронограмм выполнения одного и того же упражнения разными спортсменами или определить наилучший вариант.

**Контрольные вопросы**

1. Какое значение имеет исследование временных характеристик движения для изучения спортивной техники?
2. Что такое хронограмма физического упражнения?
3. Как строятся хронограммы?
4. Какая последовательность построения линейных хронограмм, круговых?