ВВЕДЕНИЕ

Цель курса биомеханики – ознакомить студента с биомеханическими основами физических упражнений, в частности, с основами спортивной техники, вооружить их знаниями и привить умения и навыки, необходимые для правильного применения физических упражнений в практической работе различных звеньев физкультурного движения.

Изучив курс биомеханики, будущие преподаватели должны научиться разбираться в сложности двигательных действий и уяснить, что движения зависят от множества факторов и непрерывно изменяются в процессе обучения и тренировки. Студентам необходимо овладеть профессионально-педагогическими навыками в проведении анализа и оценки физических упражнений как во время занятий с обучаемыми, так и в научных исследованиях.

Методические указания также преследуют цель – оказать помощь студентам-заочникам в организации самостоятельной работы по изучению биомеханики.

Биомеханика изучается студентами ОЗО и III курсов в объеме учебной программы для факультетов физической культуры педагогических институтов. Экзамен по биомеханике студенты сдают в V семестре.

Основной материал изложен в учебнике. В пособии обращено внимание на более трудные вопросы, даны указания к выполнению лабораторных и контрольных работ.

В процессе изучения курса биомеханики необходимо пользоваться следующей литературой:

1. Донской Д.Д. Биомеханика: Учебное пособие для студентов факультетов физвоспитания педагогических ВУЗов. – М.: Просвещение, 1975. – 239 С.
2. Донской Д.Д. Биомеханика с основами спортивной техники: Учебник для институтов физической культуры. – М.: Физкультура и спорт, 1971. – 287 с.
3. Донской Д.Д., Зациорский В.М. Биомеханика: Учебник для институтов физической культурой. – М.: Физкультура и спорт, 1979. – 268 с.
4. Зациорский В.М., Аринин А.С., Селуянов В.Н. Биомеханика двигательного аппарата человека. – М.: Физкультура и спорт, 1981. – 141 с.
5. Назаров В.Т. Движения спортсмена. – Полымя, 1984. – 176 с.

ОСНОВНЫЕ РАЗДЕЛЫ КУРСА БИОМЕХАНИКИ

Тема 1. Предмет и метод биомеханики спорта.

Данный раздел является весьма важным, т.к. он служит введением в курс биомеханики. Необходимо знать определение биомеханики как науки о законах механического движения в живых системах.

Биомеханика человека принципиально отличается от биомеханики животных. На способы овладения движениями и саму двигательную деятельность человека решающее влияние оказывает вторая сигнальная система.

Биомеханика спорта составляет теоретическую основу спортивной техники, дает обоснование физической и технической подготовке спортсменов. Изучение движений человека в биомеханике спорта, в конечном счете, направлено на поиск совершенных способов двигательных действий и путей обучения лучшему их исполнению.

Биомеханика как наука и как учебная дисциплина характеризуется накопленными знаниями, которые формируются в определенную систему основных положений – теорию биомеханики. В ходе научных исследований разрабатываются пути получения знаний – метод биомеханики. Теория и метод выражены соответствующими понятиями и законами, они раскрывают содержание биомеханики.

Тема 2. Биомеханические методики исследования движений в спорте.

Биомеханика как естественная наука в значительной мере базируется на экспериментальном исследовании изучаемых движений. Для этого используют комплекс оптических и электрических методик. Следует иметь четкое представление о постановке задач и выборе методик при биомеханическом исследовании. Рекомендуется особое внимание обратить на способы обработки киноматериалов, поскольку кинометоды наиболее распространены в практике физического воспитания. Следует ознакомиться с доступными современными электрическими методиками, применяемыми для углубленного научного исследования.

Тема 3. Биомеханические характеристики тела человека и его движений.

Исследуя движения человека, измеряют количественные показатели механического состояния и двигательной функции его тела и самих движений. Иначе говоря, регистрируют биомеханические характеристики тела (размеры, пропорции, распределение масс, подвижность в суставах и др.) и движений всего тела и его частей (звеньев).

Важно понять, что биомеханические характеристики описывают тело человека как объект механического движения и служат основой для применения математических методов при анализе спортивной техники. Следует уяснить также, что для системного анализа (установления состава системы движений) характеристики позволяют различать в целостном двигательном действии разные части (фазы) и движения в этих частях. Для системного синтеза (определения структуры движений) биомеханические характеристики дают возможность установить изменения одних движений под воздействием других.

Необходимо научиться применять законы механики при определении кинематических и динамических характеристик. В целях лучшего усвоения материала рекомендуется перерисовать в тетрадь и заполнить следующую таблицу:

Таблица 1. Количественные характеристики движений.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Характеристики | | Что характеризуют | Наименование | Обозначение |
| Кинематические | Пространственные | Форму движений | Координата  Перемещение  Траектория | Sx – Sh |
| Динамические |  |  |  |  |

Тема 4. Строение и функции биомеханической системы двигательного аппарата.

Надо обратить внимание на сложность устройства двигательного аппарата человека: многозвенность кинематических цепей, обилие степеней свободы, выигрыш в скорости в костных рычагах, особенности биодинамики мышц, режимы их работы, групповое взаимодействие мышц. Эти факторы определяют выбор направления, скорости движений, а также процессов текущего управления. Тело человека рассматривает как биомеханическую систему, которая характеризуется своим устройством, свойствами и режимом движений.

Тема 5. Биомеханика двигательных действий.

Следует разобраться в источниках и характере действия внешних и внутренних (активных и пассивных) сил, вызывающих изменения движения звеньев тела и всего тела в целом, деформацию объектов, с которыми взаимодействует спортсмен и т.д. Важно понять роль взаимодействия сил в определении направления и скорости движения. Необходимо знать природу сил инерции и использование их в движениях. Следует изучить источники механической энергии двигательных действий человека, пути ее перехода, условия индивидуального использования и ее потери, что определяет совершенствование систем движений.

Тема 6. Система движений и организация управления ими.

Основное понятие – структура движений – раскрывается как взаимосвязь элементов движений в целостной системе. Разные стороны структуры (кинематическая, динамическая) показывают, что система движений имеет множество внутренних связей, которые налаживаются в процессе обучения технике и ее совершенствования. Это обеспечивается процессами управления движениями, основанными на обратных связях – информации об обстановке, состоянии двигательного аппарата и ходе выполнения двигательной задачи. Следует обратить внимание на понятия об управлении информации, двигательной задаче и программе действий. Эти понятия помогают глубже оценить и организовать целенаправленный тренировочный процесс, которым управляет педагог.

Тема 7. Движения вокруг осей.

Движения вокруг осей особенно важны потому, что к ним относятся почти все движения в суставах тела человека. В основе этих движений лежат два вида простых движений – вращательные (по дугам окружностей) и поступательные (по их радиусам). Здесь следует различать изменения угловой скорости и твердого тела и изменения движения системы тел, изменяющих конфигурацию вокруг оси.

Нужно определить источники возникновения центростремительной силы, удерживающей тело, и действие на него центробежной силы тела спортсмена или снаряда. При изучении причин увеличения и уменьшения скорости вращательного движения применить закон сохранения кинетического момента.

Изучая управление движениями вокруг оси, следует рассмотреть две основные группы – с изменением кинетического момента системы и с его сохранением.

Тема 8. Сохранение и изменение положения тела.

В этом разделе необходимо усвоить основные условия равновесия тела и системы тел, виды равновесия и показатели устойчивости. Следует обратить внимание на особенности сохранения и восстановления положения тела человека, учитывая активность этих процессов в живых системах. Усвоение последовательности изучения сохранения и изменения положения тела позволяет избежать упрощенных представлений об этом процессе.

Движения на месте изучаются для понимания взаимодействия с неизменной опорой при притягивании и отталкивании. Следует иметь ввиду, что это взаимодействие обусловлено главным образом внутренними силами человека, активностью его мышц. Эта активность зависит от условий опоры, но является главной определяющей причиной движений человека и изменения при этом положения его центра масс.

Следует знать закон сохранения движения центра масс, чтобы при всяком изменении движения звеньев тела и его общего центра тяжести научиться выявлять внешние силы для этих звеньев и для всего тела.

Тема 9. Локомоторные движения.

Локомоторные движения рассматривают как способы активного передвижения человека с использованием взаимодействия с опорой или средой (вода). В наиболее распространенных наземных передвижениях основную роль играют механизмы отталкивания. Следует уяснить себе силы, обуславливающие отталкивание, роль маховых движений, относительность понятия об угле отталкивания.

Разбирая положения движения в различных локомоциях, нужно обстоятельно анализировать работу функциональных мышечных групп и ее связь с фазами движений.

Тема 10. Перемещающие движения.

При перемещающих движениях внешнему телу (снаряду, мячу, партнеру, противнику) придается оптимальная скорость и необходимое направление движения. Для этих движений характерно постепенное наращивание скорости в биокинематических цепях. Следует разобрать способы передачи движений на перемещаемый объект с постепенным разгоном объекта и ударом. Обратить внимание на условия, влияющие на траекторию (в частности, дальность) полета снаряда и точность в перемещающих движениях. Необходимо понять, каковы источники энергии, передаваемой при перемещении, и наиболее выгодные условия ее накопления и передачи. Изученные механизмы рассматривают в движениях метательных и ударных.

ТЕМЫ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ И МЕТОДИКА ИХ ВЫПОЛНЕНИЯ

Лабораторная работа № 1. Построение промера (БКС – биокинематической схемы) по координатам.

Основные задачи:

- составить таблицу координат;

- научиться находить по координатам положение точек тела и чертить схематические позы человека;

Пояснения.

1. Пример – пространственно-временная диаграмма движений (схемы положений тела). БКС показывает, где располагаются точки тела в пространстве и как они изменяют свое положение через определенные интервалы времени. Это позволяет рассчитать скорости и ускорения точек тела.
2. Промер строят на основе материалов специальной киносъемки.

Для изучения движений, выполняемых в одной плоскости (бег в легкой атлетике, прыжки в длину, ходьба на лыжах, бег на коньках и т.д.), применяется одноплоскостная киносъемка.

Для изучения движений со сложными пространственными перемещениями (метании молота, диска, упражнения на коне в гимнастике и т.д.) используют трехплоскостную киносъемку. Три киноаппарата располагаются на определенном расстоянии друг от друга так, чтобы их оптические оси были взаимно перпендикулярны. Съемка производится сбоку, спереди (или сзади, и сверху, зенитная киносъемка). Киноаппарат располагают так, чтобы его главная оптическая ось была перпендикулярна направлению движения или основной плоскости движения. Если же оптическая ось аппарата не перпендикулярна основной плоскости, то углы на изображении не будут равны действительным углам сгибания.

При этом существенно искажаются и линейные размеры, что приводит к большим ошибкам при их измерении. Место расположения киноаппарата определяют так, чтобы объект съемки полностью поместился в кадр, оптическая ось аппарата должна находиться против центра области передвижения.

Частота съемки при изучении передвижений спортсмена составляет 32/24 кадра в секунду. При этом промежутки времени между кадрами будут равны 1(32 ≈ 0,03) 1 (24 ≈ 0,04).

Перед киносъемкой испытуемого специально подготавливают. На точки тела, соответствующие проекциям основных суставов, наносят «кресты» (ширина полоски – 1 см, длина – 5 см). Предпочтительно снимать испытуемого в плавках, нанося отметки осей суставов непосредственно на кожу. При съемке в условиях низкой температуры испытуемого одевают в облегающий костюм (так, чтобы смещения костюма относительно тела были минимальны) и наносят проекции осей суставов непосредственно на костюм. Цвет меток должен быть контрастным цвету одежды.

3. Промер строят по кадрам кинопленки или фотоотпечаткам с них двумя способами:

а) проекционированием на координатную сетку (с кинопленки – через пректор; с фотоотпечатков – через эпидеаскоп), при этом минимум два ориентира на каждом кадре (или снимке) должны совместиться с их изображением на координатной сетке;

б) по координатам каждой точки (относительно избранного начала координат) на каждом кадре или снимке; координаты сначала считываются по каждому снимку и записываются в таблицу координат. В обоих способах предварительно выбирают масштаб изображения (обычно 1:10).

1. Промер. По полученному (проекционированием) на координатной сетке промеру считывают координаты точек и записывают в таблицу координат. В обоих случаях в результате получается промер и таблица координат, по которым ведут дальнейшую обработку.

Задания.

1. Переписать таблицу координат.

В представленной таблице координат (табл. 2) даны ранее определенные по фотокадрам координаты Sx и Sy для следующих восьми точек тела: с – центр тяжести головы, в – плечевой, а – локтевой, m – лучезапястный, f – тазобедренный, S – коленный, p – голеностопный и d – кончик стопы. Каждая координата – это соответствующее расстояние данной точки от оси X или оси Y.

1. Приготовить лист миллиметровой бумаги.

Определить по таблице координат наибольшие значения Sx и Sy (Sx точки d позы 10-й равна 307 мм; Sy – точки с позы 4-й равна 149), учитывая в таблице координат отрицательные значения (Sx=-9, Sy=-8). По этим данным установить размеры листа (по горизонтали – не менее 350 мм, по вертикали – не менее 170 мм, если масштаб выбрать 1:10, т.е. 10 мм на листе изображают 10 см в натуре).

Провести оси X и Y таким образом, чтобы от нижнего края листа до оси X было не менее 10 мм, а от левого края листа до оси Y не менее 12 мм.

1. Простроить промер.

Нанести все точки правой половины тела 1-й позы. Координата точки С позы 1: Sx=9 мм, а Sy=145 мм. Нужно по оси Y отсчитать вверх 145 мм и от этой точки вправо 9 мм. Это будет точка С. Аналогично проставить оставшиеся точки.

Нанеся все точки 1-й позы, обвести точку С кружком (обозначение головы); далее соединить точки b, a, m двумя линиями (рука) и точки f, s, p, d тремя линиями (нога). Точку С, обозначающую голову, с точкой b соединить нельзя, т.к. b – плечевой сустав.

Во время бега она перемещается вперед и назад. Если провести линию от С к b, то окажется, что такая шея качается, как маятник. По этой же причине не соединяют точки b и f.

Таблица 2

Таблица координат

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| S  № п/п | Центр тяжести головы | | Плечевой сустав | | | Локтевой сустав | | | Лучезапястный сустав | | Тазобедренный сустав | | Коленный сустав | | Голеностопный сустав | | Пальцы ног | |
|  | x | y | x | y | | x | | y | x | y | x | y | x | y | x | y | x | y |
| C | | b | | | a | | | m | | f | | S | | P | | d | |
| 1 | 9 | 145 | 15 | | 125 | 6 | 100 | | 30 | 89 | 6 | 68 | 10 | 28 | -9 | 0 | 3 | -8 |
| 2 | 38 | 146 | 48 | | 129 | 46 | 105 | | 71 | 100 | 35 | 70 | 23 | 33 | 5 | 8 | 4 | -7 |
| 3 | 68 | 148 | 79 | | 132 | 81 | 108 | | 105 | 105 | 65 | 73 | 50 | 36 | 19 | 20 | 17 | 4 |
| 4 | 99 | 149 | 108 | | 131 | 108 | 106 | | 131 | 98 | 98 | 72 | 88 | 34 | 53 | 32 | 45 | 19 |
| 5 | 129 | 146 | 136 | | 127 | 130 | 102 | | 151 | 88 | 130 | 69 | 133 | 32 | 94 | 36 | 89 | 24 |
| 6 | 159 | 143 | 163 | | 126 | 151 | 102 | | 167 | 81 | 161 | 70 | 182 | 41 | 150 | 30 | 147 | 15 |
| 7 | 190 | 142 | 189 | | 128 | 173 | 106 | | 186 | 83 | 192 | 75 | 222 | 53 | 204 | 23 | 211 | 9 |
| 8 | 221 | 143 | 217 | | 131 | 199 | 111 | | 210 | 87 | 222 | 77 | 251 | 53 | 256 | 18 | 269 | 10 |
| 9 | 252 | 144 | 248 | | 131 | 230 | 112 | | 242 | 88 | 250 | 75 | 276 | 44 | 286 | 11 | 301 | 4 |
| 10 | 282 | 142 | 279 | | 128 | 266 | 107 | | 281 | 85 | 278 | 72 | 298 | 36 | 296 | 1 | 307 | -7 |

Нанеся точки всех 10 поз и проведя все линии (для каждой позы сразу же после нанесения точек), проверить правильность поз. Прежде всего необходимо проверить, похожи ли позы на естественные позы человека, т.к. бывают курьезные случаи – позы с перегибанием колена вперед или со стопой в области головы, если перепутаны координаты Sx и Sy, тщательно проверить, нет ли на воображаемой траектории скачков точек вверх или вниз, вперед или назад, что бывает при ошибке в отсчете координат. Кроме того, проверить на глаз, не изменяют ли резко части тела свои размеры. И, наконец, остается проставить номера поз. Это удобно делать около точки f мелкими цифрами над соответствующей точкой (См. рис. 1).

Рис. 1. Киноциклограмма бега человека.

Лабораторная работа № 2. Расчет линейных скоростей и ускорений рабочих точек и построение векторных графиков.

Основные задачи:

- научиться рассчитывать линейные скорости и ускорения по способу разностей;

- научиться строить векторы скоростей и ускорений точек тела (на промере).

Пояснения.

1. Скорость – мера быстроты изменения положения точки в пространстве с течением времени. Она измеряется отношением пройденного пути (ΔS) к затраченному времени (Δt). Чтобы определить пройденный путь, например, точки коленного сустава S от 1-й позы (исходное положение – и.п.) до 3-й позы (конечное положение – к.п.), разложим его движение по двум направлениям: по горизонтали оно будет равно разности координат к.п. и и.п., т.е. Sx3 – Sx1=ΔS3-1. Взяв из таблицы координат Sx3 = 50 и Sx1 = 10, получим Sx3 – Sx1=50-10=40. Величина 40 (в мм промера) представляет собой разность координат (в мм) (Δ’x).

Как теперь найти Δt, т.е. затраченное время?

Предположим, что частота киносъемки 20 кадров в секунду (N=20). Значит, между двумя соседними кадрами интервал времени 1/20 с, а мы определили ΔS3-1 два интервала (L=2) по 1/20 с, т.е. за 2\*1:20 = 1/10 с.

На промер ΔS = 40 мм, без учета масштаба. Чтобы найти действительный путь точки, надо его разделить на величину масштаба (1/10) или умножить на величину, обратную масштабу (М=10).

Тогда действительный путь: Δ’SM=40\*10=400 мм.

Запишем определение времени: Δt=L:N=2:20=1:10 с.

Теперь формула скорости (от 1-й до 3-й позы):

V 3-1 = ΔS3-1 = ΔSMN.

Δt3-1 L

Величины M = 10, N = 20 и L = 2 в данном случае неизменны.

Поэтому выражение MN:L мы можем обозначить, как коэффициент к. Тогда формула будет выглядеть так: V3-1 = Δ’S-k, где k = (10-20): 2 = 100. Значит V3-1= Δ’S-100.

В нашем примере величина горизонтальной скорости:

Vx2=Vx3-1=40\*100=4000 мм (с=4 м) с. Таким же образом можно рассчитать вертикальную скорость. Vyx=Vy3-1=8\*100=800 м/с. Зная Vx и Vy, можно найти полную скорость V, как гипотенузу прямоугольного треугольника с катетами Vx и Vy: V==

Скорости точек тела человека практически непрерывно изменяются под действием приложенных сил: чем больше сила, тем быстрее изменяется скорость? Рассмотрим для этого ускорение.

1. Ускорение – это мера быстроты изменения скорости с течением времени. Она измеряется отношением приращения скорости (положительного – увеличения или отрицательного - уменьшения) по времени, затраченному на это приращение . Ускорение как и скорость, рассчитаем по двум составляющим: горизонтальной и вертикальной.

Если горизонтальная скорость коленного сустава в момент 2-й позы 4,0 м/с, а в момент 4-й позы (расчет проводится по разности координат) Sx5- Sx3=133-50=83 мм: Vx4=83\*100=8300 м/с=8,3 м/с, то приращение скорости Vx4 - Vx2=8,3-4,0=4,3 м/с. Это приращение скорости произошло за 1/10 с (два интервала при частоте съемки 20 кадров в секунду; N=20, L=2). Значит ускорение:

. Заменим постоянную величину  на коэффициент . Тогда ax3=Δ”S\*k=43\*1000=43000 мм/с2. Здесь Δ”S=43 – разность первых разностей или «вторая разность». Это ускорение – среднее на участке пути от 2-й до 4-й позы будем считать его мгновенным ускорением в момент промежуточной 3-й позы.

Таким же способом рассчитывается и вертикальное ускорение той же точки в то же время: . .

Знак минус показывает, что ускорение направлено вниз. Зная ax и ay, можно найти полное ускорение .

Примечание: Можно определить скорости и ускорения и другим способом, используя те же формулы, но не рассчитывая ΔS отдельно по каждой оси, а, измерив расстояние ΔS через точку (прикладывая линейку) на промере. Тогда  Приращение скорости ΔV будет равно разности скоростей в последующей и предыдущей точках, т.е. . Подставляя ΔV в формулу для определения ускорения, получим 

Однако когда обрабатывают большую кинограмму (много поз), такой расчет очень продолжителен и поэтому поступают проще: строят векторы скоростей и ускорений.

3. Первые разности (ΔS’) – это величины числителя в формуле скорости () выраженные в единицах длины. Это еще не значение скоростей, но так как при их расчете берется одинаковое Δt (L=2), то разности прямо пропорциональны скоростям. Таким же образом вторые разности (Δ”S) – это величины числителя формулы ускорения, выраженные в единицах длины. Они также прямо пропорциональны ускорениям. Поэтому, если нас интересует только, как именно и когда изменяются скорости и ускорения, а не их абсолютные величины. то можно не вести расчет до конца, а рассматривать только разности.

4. Скорости и ускорения – векторные величины; они характеризуются размером и направлением. Их можно изобразить в виде стрелок определенного размера (в любом выбранном масштабе) и соответствующего направления. Это направление зависит от составляющих горизонтальной и вертикальной, когда полная скорость или ускорение определяются по правилу параллелограмма.

Задания.

1. Заготовить таблицы скоростей и ускорений.

Вычертить две таблицы точно такого размера, как таблица координат. На том месте, где в таблице координат стояла S (первая колонка). проставить в таблице скоростей V, а в таблице ускорений a. (См. табл. 3,4).

Таблица 3.

Таблица скоростей

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| N/V | c | | b | | a | | m | | f | | S | | P | | d | |
| x | y | x | y | x | y | x | y | x | y | x | y | x | y | x | y |
| 1 |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | - | - |
| 2 |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | 14 | 12 |
| 3 |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | 41 | 26 |
| 4 |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | 72 | 20 |
| 5 |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | 102 | -4 |
| 6 |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | 122 | -15 |
| 7 |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | 122 | -5 |
| 8 |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | 90 | -5 |
| 9 |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | 38 | -17 |
| 10 |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | - | - |

Таблица 4.

Таблица ускорений

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| N/V | c | | b | | a | | m | | f | | S | | P | | d | |
| x | y | x | y | x | y | x | y | x | y | x | y | x | y | x | y |
| 1 |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | - | - |
| 2 |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | - | - |
| 3 |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | 58 | 8 |
| 4 |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | 61 | -30 |
| 5 |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | 50 | -35 |
| 6 |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | 20 | -1 |
| 7 |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | -32 | 10 |
| 8 |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | -84 | -12 |
| 9 |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | - | - |
| 10 |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | - | - |

Рассчитать первые разности (по горизонтали и вертикали). Первые разности или таблица скоростей заполняется исходя из таблицы координат.

Возьмем для примера точку d - пальцы стоп. Наложим на таблицу координат таблицу скоростей так, чтобы видеть колонку цифр координат (Sx иSy) точки d. Вычтем из координаты 3-й позы координату 1-й: Vx=17-3=14; Vy=4-(-8)=12. Полученные результаты запишем во вторую строку таблицы скоростей в графах точки d. Затем из координат 4-й позы вычтем координаты 2-й позы: Vx=45-4=41, Vy=19-(-7)=26.

Результаты занесем в третью строчку. (См. табл. 3). В четвертой строке будет разность координат 5-й и 3-й поз, т.е. Vx=89-17=72, Vy=24-4=20. Таким образом, вычитая из координаты в последующей точке координату в предыдущей точке (через одну точку), следует заполнить всю таблицу скоростей.

3. Рассчитать вторые разности (по горизонтали и вертикали). Вторые разности или таблица ускорений заполняется на основе таблицы скоростей.

Расчеты ведутся также, как и при нахождении первых разностей, т.е. берется разность скоростей путем вычитания из нижележащего числа вышележащее через одно. В результате заполнения таблицы ускорений в строках 1,2 и 9,10 будут стоять прочерки. (См. табл. 4).

Примечание: При расчетах встречаются случаи вычитания из меньшей величины большей (разность со знаком «минус»), вычитания из отрицательных величин и т.д. Здесь надо вспомнить соответствующие правила вычитания.

4. Нанести на промере векторы скоростей и ускорений точек f, s, и P. Для изображения вектора следует от его начала (соответствующая точка промера) отложить по горизонтали длину горизонтальной составляющей (Vx и ax) и из отмеченной точки отложить по вертикали длину вертикальной составляющей (Vy и ay). Полученную точку соединить с началом вектора: нарисовать вектор в условном обозначении (например, вектор скорости – сплошной линией; вектор ускорения - пунктиром либо цветок).

Примечание: Исходя из того, что в таблице скоростей на 1-й и 10-й позах стоят прочерки, вектора скоростей будут на позах от 2-й по 9-ю. Соответственно вектора ускорений будут на позах от 3-й и по 8-ю.

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА ПО БИОМЕХАНИКЕ

Общие положения

* 1. Цель контрольной работы – определить уровень знаний по биомеханике и умение применять их на практике.

В результате выполнения работы студенты должны:

1. Освоить методы определения общего центра тяжести (ОЦТ) графическим и аналитическим способами.

2. Подготовиться к устному собеседованию по результатам расчетной части, а также по теоретическим вопросам.

2. Задания студенты получают на кафедре теории и методики физической культуры (ТиМФК). Оно содержит биостатическую схему (БСС) позы человека, выполненную на листе миллиметровой бумаги в масштабе 1:10 и один из 7 вариантов контрольных вопросов, которые сгруппированы так, чтобы охватить основные разделы курса биомеханики.

Исходя из полученного задания, контрольная работа включает:

1. Определение ОЦТ тела человека графическим способом.
2. Определение ОЦТ тела человека аналитическим путем.
3. Ответы на контрольные вопросы.

Первые две части работы выполняются на БСС с необходимыми расчетами в тетради, а письменные ответы на вопросы можно дать, найдя их в литературе, список которой приводится в начале методических указаний. Студентами-заочниками работа должна быть выполнена и сдана на кафедру ТиМФК не позднее 15 декабря в V семестре (III курс).

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.

Вариант 1.

1. Что изучает биомеханика?
2. Охарактеризуйте способы изображения пространственных и временных характеристик. Как определить позы, моменты времени, фазы и длительности в движениях?
3. Зачем нужно выбирать систему отсчета и как ею пользоваться?
4. Понятие о звеньях тела как рычагах.
5. Дайте определение движущего, тормозящего и направляющего действия сил в движении человека.
6. Что такое прямая и обратная связи? Что такое информация и каково ее значение в программировании движений?
7. Как создать начальное вращение (в опоре) и изменить скорость и направление вращения в полете?
8. Какие характеристики определяют позу и положения тела? Назовите основные условия сохранения равновесия тела.
9. Как воздействуют внутренние и внешние силы при отталкивании? В чем состоит роль маховых движений при отталкивании?
10. Какой механизм увеличения скорости рабочих звеньев при перемещающих движениях?

Вариант 2.

1. В чем заключаются особенности биомеханики человека?
2. Как определить пространственно-временные отношения: скорости и

ускорения (линейные и угловые)?

1. Дайте определения основных пространственных характеристик движений.
2. Как проявляется «золотое правило» механики в теле человека?
3. Что такое статические и динамические действия сил?
4. Какие основные особенности управления движениями в переменных условиях?
5. Укажите признаки вращательных движений.
6. В чем отличие равновесия тела человека от неживого тела? Какие виды равновесия физических тел встречаются в спортивной практике?
7. Дайте определение фазовой структуры циклических локомоций. Каково соотношение подготовительных и рабочих фаз?
8. Что влияет на точность в перемещающих движениях?

Вариант 3.

1. Содержание задач биомеханики.
2. Что такое кинематические и векторные графики? Как их построить?
3. Что является мерой инертности тела при поступательном и вращательном движении?
4. Назовите механические и биологические свойства мышц.
5. Роль и значение сил инерции в движениях человека.
6. В чем содержание двигательной задачи и программы действия, как они формируются?
7. Применение закона сохранения кинетического момента.
8. Что определяет степень устойчивости тела спортсмена? Дайте определение основных видов статических положений и условий сохранения равновесия в них.
9. Роль частоты и амплитуды движений в циклических локомоциях.
10. Что такое удар и какие виды ударов различают?

Вариант 4.

1. Раскройте понятия «теория» и «метод» биомеханики спорта.
2. Какие характеристики регистрируют методами гониометрии, тензометрии, электромиографии, акселерометрии?
3. Что является причиной изменения движения? Какие характеристики относятся к силовым?
4. Что влияет на силу тяги мышц?
5. Перечислите внешние силы, действующие на тело спортсмена в вашем виде спорта, и охарактеризуйте их роль.
6. Как изменяется система движений при становлении и совершенствовании спортивной техники?
7. Какие способы изменения скорости вращения при сохранении и перемещении позы?
8. В чем основные признаки движения на месте? Применение закона сохранения движения центра масс системы.
9. Какие особенности локомоций на скользкой опоре и в водной среде?
10. Назовите фазовый состав ударных действий.

Вариант 5.

1. Раскройте основные направления в развитии биомеханики.
2. Какая последовательность биомеханического анализа движений?
3. Понятие о работе силы и ее мощности.
4. Характеристика двигательного аппарата человека.
5. Что такое составное движение? Как складываются характеристики движений звеньев тела человека?
6. Что такое система движений, ее состав и структура?
7. Различия между вращательными движениями при опоре и в полете?
8. Значение компенсаторных движений при изменениях позы? Какие требования к взаимодействию мышц обеспечивают сохранение равновесия при движениях на месте?
9. Назовите особенности биодинамики прыжка.
10. Что определяет эффективность ударных действий?

Вариант 6.

1. Создание биомеханики физических упражнений и современное развитие биомеханики спорта.
2. В чем заключается конечный результат биомеханического исследования?
3. Для чего определяются характеристики движений человека?
4. Что такое кинематическая пара и кинематическая цепь?
5. Источники внутренних и внешних сил относительного тела человека.
6. В чем отличия видов структуры (кинематическая, динамическая)? Что такое информационная структура двигательного действия?
7. Роль внешних и внутренних сил в выполнении движения.
8. Разберите механизм притягивания к опоре и отталкивания от опоры.
9. Дайте характеристику основных положений биодинамики бега.
10. Какие движения относятся к перемещающим и какова их основная двигательная задача?

Вариант 7.

1. В чем практическое значение биомеханики спорта?
2. Назовите основные этапы биомеханического исследования. Какие основные группы способов регистрации характеристик движений Вы знаете?
3. В чем различие кинематических и динамических характеристик?
4. Укажите степени свободы в кинематических цепях тела человека.
5. Как взаимодействуют внешние и внутренние силы, обуславливающие направление и скорость движений человека?
6. Схема управления двигательным действием человека.
7. Понятие об удерживающем теле и центростремительных силах.
8. Где источник движущих сил в движениях на месте – преодолевающих и уступающих?
9. В чем заключается общая двигательная задача локомоторных движений? Виды спортивных локомоций.
10. Что влияет на дальность полета снаряда?

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОЦТ ТЕЛА ЧЕЛОВЕКА

Пояснения:

Центр тяжести звена – воображаемая точка, неизменно связанная со звеном, к которой приложена равнодействующая всех сил тяжести звена в любом его положении. Иначе говоря, моменты всех сил тяжести звена относительно его ЦТ взаимно уравновешиваются, их сумма равна нулю. Отсюда вытекают два способа определения положения ОЦТ тела человека: графический и аналитический. Опытным путем (О. Фишер, Н.А.Бернштейн) были определены средние данные о весе звеньев тела и положений их ЦТ. Если принять вес тела за 100 %, то вес каждого звена может быть выражен в относительных единицах (в процентах) (см. табл. 5); при выполнении расчетов не обязательно знать абсолютный вес (в кг) ни всего тела, ни каждого звена. ЦТ звеньев определен по анатомическим ориентирам (голова, кисть) или по относительному расстоянию ЦТ от проксимального конца звена.

Графический способ основан на правиле сложения параллельных сил, направленных в одну сторону. Равнодействующая двух сил приложена на прямой, соединяющей точки приложения этих сил и делит эту прямую на части, обратно пропорциональные величине слагаемых сил.

F1 = CB

F2 = AC

Из этой формулы можно найти AC и CB, и определить, таким образом, точку приложения равнодействующих слагаемых сил.

Если слагают силы тяжести двух звеньев тела, то эта точка будет общим центром тяжести двух звеньев.

P1 l – x

=

P2 x

Если нужно определить ОЦТ трех звеньев, то силы тяжести складываются попарно. Сначала складываются силы тяжести двух звеньев складывается с весом третьего звена.

Вычисление рабочей формулы для определения радиуса ОЦТ двух звеньев.

P1 l – x

=

P2 x

P1x = P2 l – P2x x (P1 + P2) = P2l

P1x + P2 x = P2l x = P2l

P1 + P2

Обозначение: P – вес звеньев; l – расстояние между центрами тяжести звеньев; x – расстояние от ЦТ звена до точки приложения равнодействующей слагаемых весов, т.е. ОЦТ обоих звеньев.

Порядок работы

1. Определить длину звеньев тела на БСС.

Линейкой измерить длину каждого звена и записать результаты (в мм) в колонку № 4 (См. табл. 5).

Примечание: длину кисти не измерять, т.к. на БСС изображено только расстояние до ЦТ кисти.

1. Определить ЦТ звеньев.

ЦТ звена определяют по величине радиуса ЦТ звена (R цтв).

Радиус ЦТ звена – это кратчайшее расстояние от проксимального конца звена. Rцтз = L\*z, где L – длина звена, а z – относительная величина радиуса (См. табл. 5).

Заполнив графу 5 (табл. 5), отложить полученные значения от проксимальных концов, соответствующих звеньев, и точками обозначить ЦТ этих звеньев.

Примечание: ЦТ кисти и головы не рассчитывается, а проставляются (на БСС они отмечены крестиками); проксимальный конец – расположенный ближе к началу звена.

1. Определить ЦТ смежных звеньев.

1. Соединить ЦТ плеча и предплечья прямой, измерить ее длину (l1) и определить радиус x1 ОЦТ двух звеньев на формуле x1 = P2l1 подставляя в нее

P1 + P2,

численные значения (См. табл. 5).

Отложить полученный радиус ОЦТ двух звеньев от ЦТ плеча.

1. Соединить ОЦТ плеча и предплечья с ЦТ кисти прямой, измерить ее (l2) и рассчитать радиус ОЦТ трех звеньев по формуле:

x2 = P3l2

P1 + P2 + P3.

Полученный радиус ОЦТ трех звеньев, т.е. ОЦТ рук отмерить от ОЦТ плеча и предплечья.

1. Соединить ОЦТ рук с ЦТ головы, измерить длину полученной прямой (l3) и найти ОЦТ системы звеньев голова-руки по формуле:

x3 = P4l3

P1 + P2 + P3 + . P4.

Отмерить радиус ОЦТ четырех звеньев от ОЦТ рук.

1. Аналогичными способами найти ОЦТ системы звеньев:
   1. бедро-голень по формуле:

x4 = P6l4

P5 + P6

(отложить от ЦТ бедра).

* 1. бедро-голень-стопа по формуле:

x5 = P7l5

P5 + P6 + P7

(отмерить от ОЦТ системы бедро-голень).

* 1. бедро-голень-стопа-туловище по формуле:

x6 = P8l6

P5 + P6 + P7 + P8

(отложить от ЦТ туловища).

1. Соединить прямой ОЦТ системы звеньев голова-руки с ОЦТ системы туловище-ноги, измерить ее длину (l7), и, подставив в формулу:

II7 = ΣP’ l7 = Σ P’ l7

ΣP’+ ΣP’’ 100 (где ΣP’ = P1 + P2 + P3 + P4; ΣP’’ = P5 + P6 + P7 + P8)

цифровые значения, найдем радиус ОЦТ тела человека, который надо отложить от ОЦТ системы туловище-ноги. Полученная точка и есть ОЦТ тела человека.

Примечание:

1. Поскольку на БСС расположение правой и левой рук и ног параллельны, то в расчетах не забывайте удваивать их вес.
2. Все расчеты вести в мм.
3. В графах 6,7,9 (см. табл. 5) буквенные обозначения заменить цифровыми.

Проверим правильность определения ОЦТ, выполнив работу аналитическим путем (сложение моментов сил тяжести). Для этого БСС вписана в систему прямоугольных координат так, что рисунок получился в правом верхнем углу (данное размещение облегчит расчеты).

В работе применим теорему Вариньона, которая гласит, что сумма моментов сил относительно осей в системе прямоугольных координат равна моменту суммы этих сил относительно тех же осей.

Исходя из этого, определим ход работы последовательно заполняя табл. 6

1. Определение координат центров тяжести звеньев тела по абсциссе и ординате.

Таблица 5.

Исходные и расчетные данные для определения ОЦТ тела человека графическим способом.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Название звена | Относительный вес P (в % | Относительная  величина радиуса (r) | Длина  звена L (мм) | Радиус ЦТ звена  Rцтз= L\*r | Вес звена (системы звеньев) | Вес звена | Расстояние между ЦТ звеньев (системы звеньев) | Радиус ОЦТ двух звеньев (системы звеньев) (x) |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Плечо | P1 = 3\*2 | 0.47 | - | - | P1 | P2 | l 1 | x1 = P2l1  P1 + P2 |
| Предплечье | P2 = 2\*2 | 0,42 | - | - | P1 + P2 | P3 | l 2 | x2 = P3l2  P1 + P2 + P3 |
| Кисть | P3 = 1\*2 | - | - | - | P1 + P2+ P3 | P4 | l 3 | x3 = P4l3  P1 + P2 + P3+ P4 |
| Голова | P4 = 7 | - | - | - | P5 | P6 | l 4 | x4 = P6l4  P5 + P6 |
| Бедро | P5 = 12\*2 | 0,44 | - | - | P5 + P6 | P7 | l 5 | x5 = P7l5  P5 + P6 + P7 |
| Голень | P6 = 5\*2 | 0,42 | - | - | P5 + P6+ P7 | P8 | l 6 | x6 = P8l6  P5 + P6 + P7+ P8 |
| Стопа | P7 =2\*2 | 0,44 | - | - | P1 + P2+ P3+ P4 | P5 + P6+ P7+ P8 | l 7 | X7 = ΣP’’l 7  100 |
| Туловище | P8 = 43 | 0,44 | - | - |  |  |  |  |

Для этого из точек, обозначающих ЦТ звеньев, опустить воображаемые перпендикуляры на оси X и Y, и полученные значения (в мм) занести в табл. 6 (графы 4 и 5).

1. Расчет моментов сил (Plx и Ply) ЦТ звеньев тела по абсциссе и ординате.

Момент силы равен произведению силы на ее плечо. В нашем случае он будет равен произведению относительного веса (P) и значений координат по осям X и Y, т.е. значения из графы 3 (табл. 6) поочередно умножить на величины из 4 и 5 колонок (табл. 6) и соответственно занести их результаты в графы 6 и 7.

1. Расчет суммы (Σ) моментов сил (ΣPlx и ΣPly) центров тяжести звеньев тела по абсциссе и ординате
2. Сложить все результаты графы 6. Это будет сумма моментов сил по абсциссе.
3. Сложить все значения графы 7. Это будет сумма моментов сил по ординате.
4. Расчет координат ОЦТ по абсциссе (ОЦТ = ΣPlx) и ординате

100

(ОЦТ = ΣPly).

100

Подготовить цифровые значения в данные формулы. Полученные результаты и будут координатами ОЦТ по осям X и Y. Точка их пересечения даст ОЦТ тела человека.

Таблица 6.

Исходные и расчетные данные ОЦТ тела человека аналитическим способом.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Звенья тела | Относительный вес P (в %) | Действительные координаты | | Моменты сил ЦТ звеньев | |
| lx | ly | Plx | Ply |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1 | Голова | 7 |  |  |  |  |
| 2 | Туловище | 43 |  |  |  |  |
| 3 | Плечи | 6 |  |  |  |  |
| 4 | Предплечья | 4 |  |  |  |  |
| 5 | Кисти | 2 |  |  |  |  |
| 6 | Бедра | 24 |  |  |  |  |
| 7 | Голени | 10 |  |  |  |  |
| 8 | Стопы | 4 |  |  |  |  |
| 100 % | | | | | ΣPlx | ΣPly |

ОЦТ, рассчитанный графическим путем, и ОЦТ, найденный аналитическим способом, должны совпадать.

**Примерный вид БСС для выполненной работы (См. рис. 4)**

