

Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение Ставропольского края
«Ставропольское училище олимпийского резерва (техникум)»

ОП.09. ОСНОВЫ БИОМЕХАНИКИ

методическое пособие

специальность

49.02.01-Физическая культура

Квалификация выпускника

Педагог по физической культуре и спорту

Ставрополь

Содержание

Программа курса.....	стр.3
Литература.....	стр.4
Краткий обзор курса «Основы биомеханики».....	стр.5
Глава 1 Предмет и история биомеханики.....	стр.5
§ 1 Предмет биомеханики.....	стр.5
§ 2 История биомеханики	стр.5
§ 3 Общие положения и метод биомеханики.....	стр.5
§ 4 Биомеханические методы исследования.....	стр.5-6
Глава 2 Общая биомеханика.....	стр.6
§ 1 Основные понятия биомеханики.....	стр.6
§ 2 Рычаги в теле человека.....	стр.6
§ 3 Свойства мышц.....	стр.7
§ 4 Биомеханические системы.....	стр.10
Глава 3 Дифференциальная биомеханика.....	стр.11
§1 Особенности телосложения.....	стр.11
§2 Возрастные особенности моторики.....	стр.11
§3 Половые особенности моторики.....	стр.12
§4 Двигательные асимметрии.....	стр.12
Глава 4 Кинематики движений человека.....	стр.13.
§ 1 Системы отсчета.....	стр.13
§ 2 Пространственные характеристики.....	стр.13
§ 3 Временные характеристики	стр.13
§ 4 Пространственно-временные характеристики.....	стр.14
§ 5 Кинематические особенности движения человека	стр.14
Глава 5 Динамика движения	
§ 1 Инерционные характеристики.....	стр.15
§ 2 Силовые характеристики.....	стр.15
§ 3 Классификация сил.....	стр.15
§ 4 Внешние силы и внутренние силы.....	стр.15
§ 5 Динамические особенности движения.....	стр.16
§ 6 Геометрия масс.....	стр.17
Глава 6 Механическая работа и энергия при движении человека.....	стр.17
§ 1 Энергетические характеристики.....	стр.17
§ 2 Биоэнергетика двигательных действий.....	стр.18
§ 3 Энергетика возвратных и колебательных движений.....	стр.18
§ 4 Энергетика дыхания.....	стр.19
Глава 7 Биомеханика двигательных качеств.....	стр.19
§ 1 Двигательные качества.....	стр.19
§ 2 Биомеханика силовых качеств.....	стр.20
§ 3 Биомеханика скоростных качеств.....	стр.21
§ 4 Градиент силы.....	стр.22
§ 5 Зависимость между силовыми и скоростными качествами.....	стр.22
§ 6 Двигательные реакции.....	стр.22

§ 7 Биомеханика выносливости, основные понятия эргометрии.....	стр.23
§ 8 Биомеханика утомления.....	стр.24
§ 9 Измерение выносливости.....	стр.24
§ 10 Биомеханика экономизации спорт.техники.....	стр.24

Практикум: работы 1-5.	стр.25
Задание для самостоятельной работы.....	стр.29
Словарь терминов.....	стр.30
Вопросы зачета.....	стр.31

ПРОГРАММА КУРСА

« Основы биомеханики» 36 часов

1. Предмет и история биомеханики - 2 часа

Биомеханика - раздел биофизики. Живые системы - биосистемы. Общие и частные задачи биомеханики. Предпосылки возникновения и исторические этапы биомеханики. Биомеханические методы исследования.

2. Общая биомеханика - 6 часов

Основные понятия: биомеханическая система; биомеханические звенья, кинематические пары, кинематические цепи; степени свободы; размах и плоскость движений.

Рычаги в теле человека, мышечные тяги, «золотое» правило механики.

Биодинамика мышц: механические свойства мышц (упругость, вязкость, ползучесть, релаксация, возбудимость, сократимость); режимы работы мышц - изометрический, ауксотонический; механические действия мышц (тяга); разновидности работы мышц; функциональные группы мышц.

Строение биомеханической системы; свойства биосистемы: энергия, приспособительная активность; режимы движения биосистемы.

3. Дифференциальная биомеханика - 3 часа

Особенности телосложения. Зависимость двигательных возможностей от тотальных размеров. Возрастные периоды моторики. Половые особенности моторики. Онтогенез моторики. Двигательные асимметрии.

4. Кинематики движений человека - 3 часа

Характеристики движений: количественные и качественные; пространственные, временные и пространственно-временные.

Системы отсчета, тело отсчета, системы координат, системы отсчета времени.

Единицы измерения: линейные, угловые, временные. Перемещение, траектория, путь, ориентация траектории. Длительность, темп и ритм движения. Скорость, ускорение, угловая скорость и ускорение. Кинематические особенности движения человека.

5. Динамика движения - 4 часа.

Динамические характеристики:

Инерционные - инерция, масса, момент инерции, радиус инерции;

Силовые - сила, момент силы, импульс силы, импульс момента силы, работы силы, работа момента силы, количество движения, кинетическая энергия, кинетический момент.

Динамика движения человека; классификация сил: динамические и статические силы; дистантные и контактные силы; активные силы и реакции связей. Внешние силы: сила тяжести, силы инерции, выталкивающая сила, сила лобового сопротивления, подъемная сила, реакция опоры, сила трения, сила упругости.

Внутренние силы: сила мышечной тяги и сила пассивного противодействия.

Геометрия масс: масса звена, центр тяжести звена, общий центр тяжести, центр объема, центр поверхности, момент инерции звена, момент инерции тела человека.

6. Механическая работа и энергия или движение человека - 2 часа

Энергетические характеристики: работа, мощность, КПД, механическая энергия (кинетическая и потенциальная). Биоэнергетика двигательных действий: источники энергии, рекуперация, расход энергии.

Энергетика возвратных и колебательных движений. Энергетика дыхания.

7. Биомеханика двигательных качеств - 6 час.

Двигательные качества, моторика, двигательные задания. Параметрическая и непараметрическая зависимость; максимальные и минимальные значения величин.

Биомеханика основных качеств: сила действия человека - статическая, динамическая, амортизационная. Связь «сила-скорость»; «сила-положение», суставной угол, критические позы. Топография силы, силовые упражнения, принципы динамического соответствия; метод сопряженного воздействия.

Биомеханика скоростных качеств: скорость, частота, латентное время движения. Динамика скорости, зависимости: $V=f(t)$, $V=f(L)$.

Градиент силы. Зависимость между силовыми и скоростными качествами.

Двигательные реакции; фазы двигательных реакций - сенсорная, кремоторная, моторная. Антиципация. Биомеханика выносливости: основные понятия, эргометрии - интенсивность, объем, время задания. Варианты измерения эргометрических показателей. Источники энергопродукции - анаэробный, аэробный. Биомеханика утомления: типы утомления, фазы утомления. Измерение выносливости: латентные и явные показатели (коэффициент выносливости, запас скорости). Экономизация спортивной техники: снижение энергозатрат, рекуперация.

Используемая литература

Основная

1. Дубровский В.И., Федорова В.Н. Биомеханика М: Владос –пресс, 2003.
2. Попов Г.И. Биомеханика М: Академия 2005.
3. Донской Д.Д. Биомеханика М: Просвещение 1989.
4. Зациорский В.М. Биомеханика двигательного аппарата человека М: ФиС 1981.
5. Уткин В.Л. Биомеханика физических упражнений М: Просвещение, 1989.
6. Курьсь В.Н. Биомеханика. Познание физических упражнений. Ставрополь ООО изд-во «Книжкин дом», 2012.

Дополнительные источники:

1. Бернштейн Н.А. Биомеханика и физиология движений. Под ред. В.П. Зинченко М: МОДЭК, 2004.
2. Иванова Г.П. Биомеханические методы исследования в спорте. Л: ГДОИФК им. П.Ф. Лесгафта, 1976.
3. Назаров В.Т. Движения спортсмена. Минск: Полымя, 1984.
4. Курьсь В.Н. Основы познания физического упражнения. Учебное пособие. Ставрополь: изд-во СГУ, 1998.
5. Коренберг В.Б. Спортивная биомеханика. Учебное пособие. Малаховка: МГАФК, 1998.
6. Синельников Р.Д. Атлас анатомии человека. М: Медицина, 1972.
7. Чхаидзе Л.В. Об управлении движениями человека. М: Физкультура и спорт, 1970.

Интернет-ресурсы

1. www.bio_mech.as.ru
2. www.bio-mehanika.ru
3. www.sportbiomeh.blogspot.com
4. theormech.univer.kharkov.ua

Глава 1. Предмет и история биомеханики

1.1 Биомеханика - наука о законах механического движения в живых системах.

Живые системы (биосистемы): а) целостные организмы (человек) б) внутри организменные системы (органы и ткани, жидкости и газы в них); в) объединение организмов (пара акробатов, борцы...)

Задачи биомеханики:

Общая - оценка эффективности приложения сил для более совершенного достижения поставленной цели.

Частные - а) изучение двигательных функций тела спортсмена б) рационализация спортивной техники в) техническое совершенствование спортсмена

(определение особенностей и уровня подготовленности спортсмена, планирование рациональной спорт.техники; подбор вспомогательных упражнений; создание тренажеров для физ.подготовки; оценка и контроль за применяемыми методами).

Предпосылки возникновения: а) механика (Галилея, Ньютона, Л.да Винчи) - (теоретическая механика, сопротивление материалов; реология - теория упругости, теория механизмов и машин). б) математические науки (статистическая обработка материала, математическое моделирование). в) биология (анатомия, физиология, функциональная анатомия)

1.2. История биомеханики:

Основатель - Д.Борелли - врач, математик, физик, 1679г.

В.Браунс, О.Фишер - механическое направление.

П.Ф.Лесгафт, И.М.Сеченов, М.Ф.Иваницкий - функционально-анатомическое направление 19 век

Н.В. Берштейн, Е.Л.Котикова, Д.Д.Донской физиологическое направление 40-е годы XX в. (идея нервизма)

1958 г. биомеханика внедрена в институтах физической культуры.

Выделилась биомеханика: инженерная, медицинская, спортивная.

Отечественная школа биомеханики создана Н.А.Бернштейном

1.3. Общие положения теории биомеханики:

Механическая обусловленность (все движения происходят под действием сил в соответствии с законами механики).

Рефлекторная природа движений (для всех движений характерна рефлекторная природа управления двигательными действиями на основе принципа нервизма).

Методы биомеханики:

а) системно-структурный (системный анализ, системный синтез, моделирование движений)

б) функциональный

1.4 Биомеханические методы исследования

а) Регистрация кинематических величин: рулетки, измер.тросы, оптич.визеры, механич.дистанцимеры (колесо со счетчиком) циркули-измерители, эклиметры (угломер), измеритель прыгучести (Абалакова), гониометры (измер.углов в суставах), электрогониография (непрерывное измерение суставного угла), фото регистрация - фотограмма (лампы накаливания приклеены к системам, затвор фотоаппарата открыт), хронофотограмма (ряд изображений через одинаковые промежутки времени на одной и той же пленке), циклограмма с применением обтюлятора (ряд точечных траекторий с расстояниями между точками, соотв. перемещениям точки через равные промежутки времени), стробифотограмма (ряд поз освещенного человека можно получить прерывая луч света), кинорегистрация (замедленная или ускоренная съемка - рапид).

б) Регистрация временных характеристик:

механические секундомеры, электросекундомеры, хронографы (отметки времени на ленте)

- в) Регистрация пространственно-временных характеристик: спидограф Абалакова, датчики и осциллограф регистрируют ускорение в дифференцирующих устройствах.
- г) Регистрация инерционных характеристик
масса - взвешиванием, ОЦТ - платформа Хохмута, модель Абалакова, Фишера. Момент инерции - качели, пружинный вращающийся стол.
- д) Регистрация силовых характеристик:
динамометры, динамография, полидинамометрия, электрическая тензометрия, вектординамографии (векторэлектрокардиоскоп), фотовектординамография, киновектординамография, телетензометрия.
- е) Регистрация мышечной электрической активности - электромиография.

Глава 2. Общая биомеханика - основные понятия.

Общая биомеханика - это раздел биофизики, изучающий внутри организменные биосистемы, возникла на стыке физико-математических и биологических областей знаний.

Биомеханика спорта используется для совершенствования теории и методики физического воспитания, врачебного контроля и т.д.

2.1. Основные понятия биомеханики.

Биомеханическая система - объединение живых объектов (органов, тканей), имеющие общие особенности механического движения и общие особенности способов управления ими - это упрощенная модель человека.

а) активные биомех. системы - все тело, двигательный аппарат;

б) пассивные биомех. системы - внутренние органы, мягкие и жидкие ткани.

Биокинематические звенья - это части тела человека, имеющие подвижные соединения.

Кинематическая пара - подвижное соединение двух звеньев (способ соединения накладывает ограничения-связи на движение; наличие подвижности в соединении предоставляет звеньям определенные возможности движений - степени свободы).

Кинематическая цепь - это соединение ряда кинематических пар (множества частей тела, соедин. подвижно).

а) незамкнутая кинематическая цепь - конечное звено свободно

б) замкнутая - нет свободного конечного звена (грудина-ребро-позвоночник-ребро-грудина)

В замкнутых цепях возможностей движений меньше, но управление ими точнее.

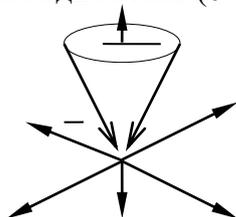
Биокинематические цепи: $b a m$ - незамкнутая

$ABC DEA$ - замкнутая на себя

$df f, d, d$ - замкнутая через опору

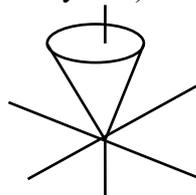
Степени свободы движений - количество возможных линейных и угловых перемещений.

а) свободное тело (6 степеней)



б) закреплена одна точка (3 степени)

(кости трехосных-шаровидных суставов - тазобедренный сустав)



б) закреплены две точки (1 степень)

(кости одноосных суставов)

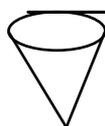
межфаланговый сустав



г) закреплены три точки

- тело неподвижно

(не явл. суставом)



д) двухосные суставы (2 степени) вследствие неполного соответствия по форме суставных поверхностей (запястный и пястно-фаланговый 1-го пальца)

Размах движений - это угловое перемещение звена из одного крайнего положения в другое. Подвижность сустава определяется размахом. Гибкость цепи определяется подвижностью средних звеньев.

Плоскость движения перпендикулярна геометрической оси вращения.

Степени связи - препятствия, ограничение движений:

а) геометрические связи - постоянное препятствие перемещению в каком-то направлении (костное ограничение в суставе)

б) кинематические связи - ограничение скорости мышц антагонистом.

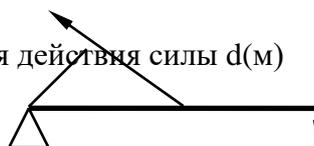
2.2 Рычаги в теле человека

Рычаг - это твердое тело, имеющее ось вращения.

Плечо - это расстояние от оси вращения до направления действия силы $d(m)$

Момент - это произведение силы на плечо $M=Fd$ (Нм)

Виды рычагов: 1-го рода - одноплечий



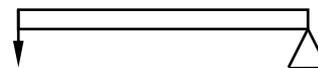
2-го рода - двухплечий



Условие равновесия рычага (или движения с пост. скоростью) - алгебраическая сумма моментов равна 0 (равенство противоположных моментов).

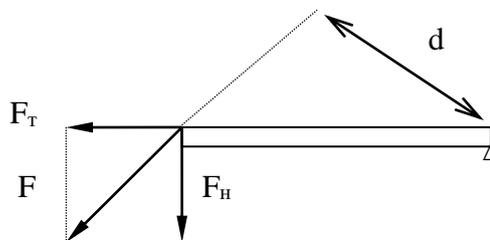
Ускорение рычагу создает неуравновешенный момент

Момент силы тяги мышц не остается постоянным.



F_T - тангенциальная составляющая - укрепляющая (прижимает суставные поверхности костей)

F_H - составляющая - вращающая (вращает рычаг)



Золотое правило механики - рычаг выигрыша в работе не дает, во сколько раз выигрышаем в силе, во столько же раз проигрываем в расстоянии или в скорости.

Мышцы прикрепляются вблизи суставов (мышечная сила имеет короткое плечо), это приводит к выигрышу в скорости и проигрышу в силе.

Мышечные тяги (силы) направлены под углом к звену, что ведет к уменьшению вращающей силы (тяги). Нормальная сила (тяга) ведет к укреплению сустава.

При больших нагрузках напрягаются все мышцы (в том числе и антагонисты). Возрастают потери в вращающей тяге и увеличивается укрепляющая тяга.

2.3 Свойства мышц

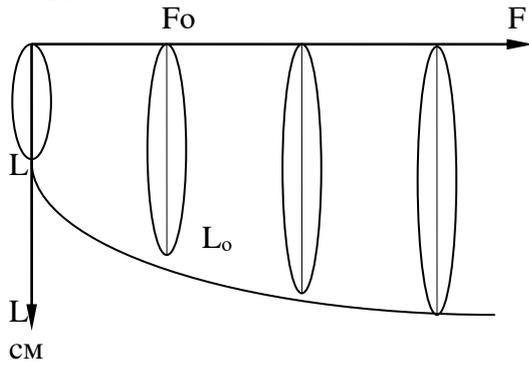
Механические свойства мышц: а) упругость; б) вязкость; в) ползучесть; г) релаксация (эластичность - совокупность механических свойств - высокой упругости и низкой вязкости)

Биологические свойства мышц: д) возбудимость; е) сократимость

а) Упругость - это свойство восстанавливать первоначальную форму после снятия нагрузки.

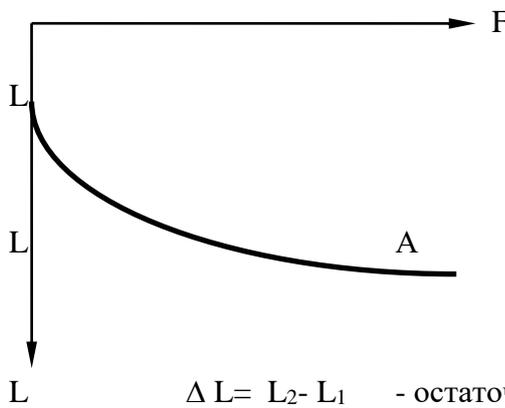
Под действием нагрузки P мышца деформируется ΔL (растягивается), в мышце возникает напряжение F (упругая сила), препятствующая деформации.

Упругость мышцы нелинейна (не соответствует закону Гука $F=k\Delta L$)



L - свободная длина мышцы
F - тонус покоя
 L_o - длина мышцы в условиях организма

б) **Вязкость** - свойство мышцы замедлять деформацию внутренними силами (жидким трением, молекулярными силами)
(причина запаздывания деформации)



Линия А: соотношение длина-напряжение в мышце без вязкости

Линия B_1 B_1 - запаздывание деформации при растяжении
Вязкость ВВ
Линия B_2 B_2 - запаздывание деформации при сокращении

$\Delta L = L_2 - L_1$ - остаточная деформация

Кривые Б и В образуют петлю гистерезиса - показывающую потери энергии = площади петли.

Вязкость увеличивается при быстрых (запаздывания) движениях и возбуждении (в условиях соревнований).

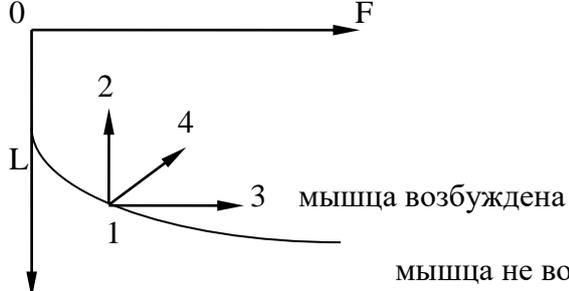
в) **Ползучесть** - это удлинение мышцы со временем без увеличения нагрузки (напряжения).

г) Релаксация (расслабление) - это уменьшение напряжения в растянутой мышце.

Высокоэластичная мышца обладает большой упругостью, небольшой вязкостью.

д) **Возбудимость** - это изменение механических свойств. В результате возбуждения химическая энергия превращается в механическую. Возбужденная мышца имеет меньшую длину (сокращается).

е) **Сократимость** - это свойство мышцы при возбуждении сокращаться (укорачиваться)



Режимы работы мышц:

а) **изотоническое сокращение** - сокращение мышцы (в результате возбуждения) без изменения напряжения;

б) **изометрическое напряжение** - увеличение напряжения мышцы (вследствие возбуждения) без изменения ее длины.

в) ауксотонический режим - изменяется и длина и напряжение мышцы под влиянием множества факторов

Механическое действие мышц (наз.тяга).

Мышечная тяга - сила мышц и ее направление, образуется при суммировании тяги всех ее волокон.

Тяга зависит от: а) механических; б) анатомических; в) физиологических условий

а) механические условия - нагрузка, напряжение

б) анатомические условия - строение и расположение мышцы.

Строение мышцы определяет физиологический поперечник, определяемый по сечению всех волокон перпендикулярно их осям.

Расположение волокон (косой ход) определяет нелинейность, упругие свойства.

Расположение мышцы относительно оси сустава влияет на момент силы тяги (при углах < 45 и > 135 градусов вращающая тяга меньше укрепляющей) и на направление тяги.

в) физиологические условия - условия возбуждения мышцы и утомления.

Сила тяги зависит от количества возбужденных мионов. Мион - пучок мышечных волокон, иннервируемый одним нервным волокном.

Результат тяги мышцы в кинематической цепи зависит от: а) закрепления звеньев; б) соотношения сил, вызывающих движение и сил сопротивления.

Разновидность работы мышц.

а) статическая - длина мышцы не меняется

б) динамическая - мышца укорачивается (преодолевающая работа)
мышца удлиняется (уступающая работа)

Напряжение	Длина		
	уменьшается	постоянная	увеличивается
Увеличивается	1 Движение до отказа 2 Изотоническое-преодоление 3 Разгон до максимальной скорости	4 Усиление фиксации 5 Постоянная фиксация 6 Ослабление фиксации	7 Торможение до остановки 8 Равномерное уступание 9 Торможение с ускорением
	Преодолевающая работа	Статическая работа	Уступающая работа

Группы мышц по напряжению.

а) совершающая статическую работу (ускорение напряжения мышц создают опору)

б) совершающие динамическую работу (рабочие напряжения мышц выполняют движения)

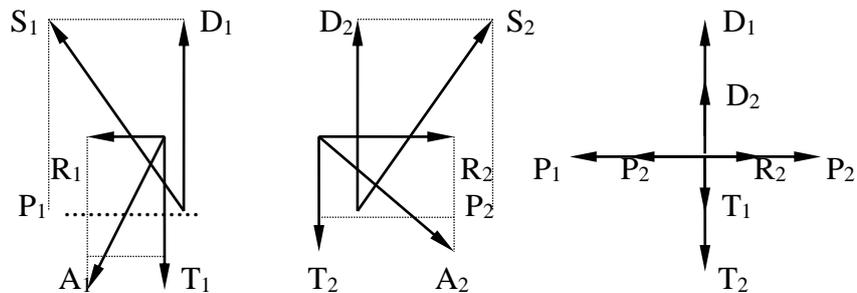
Функциональные группы мышц - мышцы, окружающие сустав:

а) синергисты - мышцы совместного действия, выполняющие преодолевающую работу (движущая тяга)

б) антагонисты - мышцы противоположного действия, выполняющие уступающую работу (тормозящая тяга)

Совместное действие тяг синергистов и антагонистов определяют величину скорости.

Равнодействующая нормальных составляющих определяет направление скорости.



$A_1 A_2$ - антагонисты

$S_1 S_2$ - синергисты

$D_1 D_2$ - равнодействующая движущая тяга

$P_1 P_2$ - противоположные составляющие нейтрализуются

$T_1 T_2$ - тормозящая тяга

$R_1 R_2$ - отклоняющие тяги

2.4 Биомеханические системы.

Биомеханическая система (упрощенная модель тела человека) - объединение живых объектов (органов, тканей), имеющих общие особенности механического движения и общие способы управления ими.

4.1. Строение биосистемы

Биосистема двигательного аппарата состоит из а) звеньев биокинематических цепей (кости); б) механизмов их соединений (стержневые шарнирные механизмы); и в) мышечных синергий (мышечный каркас переменной жесткости);

а) Кинематические цепи состоят из 200 костных звеньев, образуют временно фиксированные блоки: стопа-голень; вся нога; движения во всех суставах ноги.

Длина цепей не постоянна, изменяется от условия действия сил в рычагах.

Цепи замыкаются в кольцо геометрическое (звено к звену) или динамическое (цепь замыкается внешними силами - вес тела прижимает его к опоре).

Цепи образуют составные рычаги и составные маятники.

Мышечные звенья имеют костное прикрепление, сращены с фасциями, имеют переплетение мышечных тяг. Мышечные звенья бывают упругие и гибкие, что позволяет при переходе через костные выступы изменять направление тяги (блоковое устройство).

б) Механизмы соединений звеньев:

неодноостные неполносвязные механизмы характеризуются множеством возможностей движений, из которых используется лишь одна траектория, которая определяется совместным действием групп мышц.

Ограничители размаха движений : пассивные - костносуставочные; активные - мышцы.

В результате образуется биодинамический полносвязный механизм, характеризуется исключением лишних степеней свободы.

в) Мышечные синергии - согласованные тяги групп мышц, управляющие группой звеньев. Действие мышц переменное. Мышцы образуют постоянные объединения.

Мышечные синергии характеризуются переменной активностью при постоянстве воздействия. Находятся под контролем и управлением нервной системой.

Биопотенциальная энергия в мышце образуется:

а) превращением химической энергии в потенциальную энергию активного напряжения мышцы - обусловлено нервными импульсами и обменом веществ;

б) работа внешних сил превращает кинетическую энергию движущегося звена в потенциальную энергию деформации - обусловлено деформацией мышцы вследствие участия в движении.

Мышца - генератор энергии (химическая)

■ преобразователь энергии (трансформатор)

■ накопитель энергии (аккумулятор)

■ двигатель (разгоняясь звено совершает положительную работу)

■ тормоз (тормозя звено совершает отрицательную работу)

Мышца накапливает энергию в колебательных движениях за счет резонанса.

Резонанс - возрастание амплитуды колебаний при совпадении собственной и вынужденной частот. Часть биоэнергии рассеивается (потери и трение, теплообразование), чтобы колебания не затихли, необходимо подводить энергию, немного больше, чем рассеивается в такт колебаниям. Лучше всего подводить энергию в начале - разгон - старт. (Например а) работа мышц бедра - сгибание разгибание бедра в тазобедренном суставе при беге; б) большая грудная мышца - движение рук при беге).

Бег на дистанции с пост. скоростью подвод энергии = рассеянию.

Свойства биосистемы.

а) Энергия механическая подводится за счет работы внешних сил и в результате превращения химической энергии.

Энергия тратится на выполнение движений и рассеивается на деформации: позная (перемена позы); мышечная (изменения длины мышц); внутренняя (смещение мягких и жидких тканей);

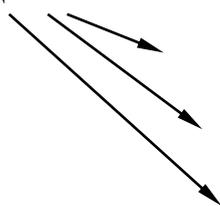
б) приспособительная активность - нервные импульсы вызывают в мышце напряжения, зависящие от ее длины, как давно мышца растянута, ее возбуждения и т.д.

Для соответствия движения звена необходимо управлять им, приспособляясь ко всем условиям (внешним и внутренним), что достигается приспособительной активностью нервной системы.

Режимы движения биосистемы.

а) Статический - сохраняется положение звеньев (постоянная длина и напряжение мышц)

б) Динамический - сменяется положение звеньев



уступающий - мышцы растягиваются, совершают отрицательную работу, тяга направлена на уменьшение скорости

преодолевающий - мышцы укорачиваются, совершают положительную работу, тяга направлена на увеличение скорости

колебательный - смена уступающей работы преодолевающей и наоборот.

Глава 3 Дифференциальная биомеханика - это раздел биомеханики, изучающий индивидуальные и групповые особенности движений и двигательных возможностей людей.

Двигательные возможности людей зависят от особенностей телосложения, возраста и пола.

3.1 Особенности телосложения:

а) тотальные размеры (длина тела, вес, окружность груди, поверхность тела и т.д. (Деление на весовые категории в борьбе, боксе, тяж. атлетике)

б) пропорции тела - соотношение размеров отдельных частей тела.

Зависимость двигательных возможностей от тотальных размеров

<i>Показатель двигательных возможностей</i>	<i>Пропорциональность</i>
1. Абсолютная сила	- поверхности тела
2. Относительная сила = $\frac{\text{абсолютная сила}}{\text{собственный вес}}$	длине тела
3. Механическая мощность	поверхности тела
4. Частота движений	обратно поверхности тела
5. Высота прыжка	не зависит от тотальных размеров
6. Скорость бега	не зависит от тотальных размеров
7. Стартовое ускорение	обратно поверхности тела
8. Жизненная емкость легких	весу
9. Максимальное потребление кислорода МПК	поверхности тела
10. Мышечная сила	весу, подгот. спортсмена

3.2 Возрастные особенности моторики:

1 - младший возраст (до 1 года) - беспорядочные движения, безусловные рефлексы (сосательный, хватательный, переступательный, плавательный -40 дней жизни). Двигательное и психическое развития идут параллельно.

2 - дошкольный возраст (до 3 лет) - овладение специфическими человеческими движениями, совершается ходьба (к 2 годам);

3 - дошкольный возраст (3-7 лет) - овладевают орудийными движениями, навык бега, прыжка. В этом возрасте целесообразно осваивать основные техники спортивных движений.

4 - школьный возраст (7-17 лет). К 12-13 годам завершается анатомо-физиологическое созревание. Подростки могут овладеть самой сложной спортивной техникой. Большие изменения в моторике связаны с периодом полового созревания.

5 - возраст 18-30 лет - расцвет моторики человека.

Возрастной диапазон наибольших достижений	Вид спорта
26 лет	Бокс
22,2 лет	Бег 100 м
26,1 лет	Бег 1500 м
31 год	Марафон
21-22 года	Плавание на короткие дистанции
17-18 лет	Плавание на длинные дистанции

6 - возраст старше 30 лет - снижается двигательная возможность.

Научение - освоение новых движений или совершенствование их тренировкой возможно когда достигнута определенная зрелость организма - сенситивные периоды.

(Дети, выросшие в отрыве от человеческого общества не умели ходить по-человечески. Глухие от рождения с трудом овладевают речью).

Обучение животных - импринтинг (запечатлевание) существует и у человека (улыбка появляется у ребенка 6 недель от роду на основе импринтинга).

3.3 Половые особенности моторики.

В зависимости от пола - двигательные возможности женщин и мужчин имеют различия.

К 3 годам мальчики превосходят девочек в двигательных заданиях, скоростных и силовых качествах (прыжки, бег). В период полового созревания девочки сравниваются с мальчиками. После полового созревания 20 лет наиболее существенно различие в развитии моторики мужчин и женщин. Результаты женщин ниже мужчин на 11-15%.

3.4 Двигательные асимметрии (предпочтения)

- существуют у большинства людей в выполнении движений определенной рукой, ногой, в одну из сторон (деление ног на маховую и толчковую, правосторонний или левосторонний хват, стойка, прицельный глаз).

Двигательное предпочтение - латеральное доминирование. Предпочитаемая конечность называется доминантной. Люди без латерального доминирования - амбидекстрики (футболист Пеле). 95% - правши, 75% - доминантный правый глаз. Большинство маховая нога - правая, повороты в левую сторону. Рождаются 25% - правши, 25% - левши, 50% - амбидекстрики. Под влиянием воспитания все амбидекстрики и большинство левшей становятся правшами.

Онтогенез моторики - изменение двигательных возможностей на протяжении жизни.

Развитие моторики определяют : созревание, научение.

Созревание - наследственно обусловленные изменения анатомического строения и физиологических функций.

Двигательный аппарат формируется к 2-2,5 годам. Скорость бега не зависит от тотальных размеров, но зависит от возраста (наибольшая в 18 лет).

Двигательный возраст определяется по двигательным заданиям (средним результатам) большой группе детей, например по прыжкам в длину:

Результат, см.	Двигат. возраст	
170	12 лет 5 м-ц	Акселераты - дети, у которых двигательный возраст опережает календарный
180	13 лет 4 м-ц	
190	14 лет 2 м-ц	Ретарданты - развитие моторики отстает.
200	14 лет 10 м-ц	

Прогноз двигательной одаренности (выбор спортивной ориентации в ДЮСШ)

- изучение стабильности показателей моторики;
- изучение наследственных влияний.

Глава 4 Кинематика движений человека.

Характеристики движений - это особенности (признаки), по которым движения различаются между собой. Характеристики могут быть: количественные (их можно измерить, вычислить), качественные (их можно описать словами).

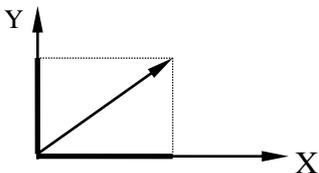
Количественные характеристики называются кинематическими, они описывают движение в пространстве и времени и бывают: пространственные, временные и пространственно-временные.

4.1 Системы отсчета. В систему отсчета входит: а) тело отсчета; б) система координат; в) система отсчета времени.

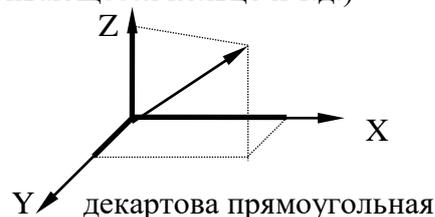
а) тело отсчета - это абсолютное твердое тело, выбирается произвольно и может быть инерциальным (не имеющим ускорения - земля, дорога, гимнастический снаряд и т.д.) и неинерциальным (имеющим ускорение - скользящая лыжа, растягивающееся кольцо и т.д.)

б) система координат :

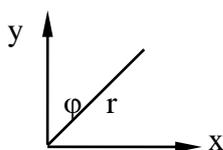
1 - на плоскости



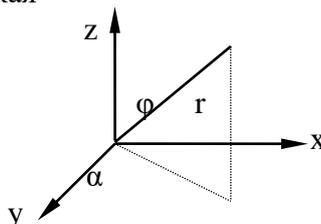
2 - в пространстве



3 - полярная



4 - сферическая система



Единицы измерения: 1) линейные СИ 1м; 1км= 10^3 м 1 см = 10^{-2} м, 1 мм= 10^{-3} м

Внесистемные: 1 дюйм= 2,54 см, 1 фут = 30,48 см, 1 ярд = 91,44 см= 3 фута=36 дюймов;

1 м= 1,094 ярда= 3,28 фута = 39,4 дюйма

2) угловые - градус, секунда $1^\circ = 60'$; $1' = 60''$; оборот = 360° ; пол-оборота = 180° ; радиан - угол, длина дуги которого равна 1 рад = $57^\circ 17' 44,8''$; $1^\circ = 0,01745$ рад; $360^\circ = 2\pi$ рад.

в) система отсчета времени состоит из начала отсчета времени - полночь, полдень, судейское момент начала движения и начала наблюдения.

Единицы измерения: 1с, 1 мин = 60 с, 1 час.= 60 мин., 10^{-1} с; 10^{-2} с; 10^{-3} с= 1 мс.

4.2. Пространственные характеристики.

а) координаты точки - пространственная мера положения точки относительно начала отсчета. Положение точки на линии определяется одной координатой X, на плоскости - двумя X и Y, в пространстве - тремя X.Y.Z; - угловые координаты φ_x ; φ_y ; φ_z .

Материальная точка - это тело размерами которого можно пренебречь (при поступательном движении и если размеры тела малы по сравнению с расстоянием до него).

Тело человека принимается за твердое тело, если можно не учитывать взаимные перемещения его звеньев и деформации тканей (при изучении положения равновесия, вращения...).

Тело человека принимается за систему тел, если важны особенности движения его звеньев.

Положение тела можно определить по координатам 3-х точек (не лежащих на одной прямой). Положение системы тел определяют по положению каждого звена (по угловым координатам - суставные углы).

б) перемещение - S - направленный отрезок, соединяющий начальную и конечную точки

$$S_x = X - X_0$$

$$S_y = Y - Y_0$$

$$S_z = Z - Z_0$$

Угловое перемещение - угол поворота

$\varphi = \varphi_{\text{кон.}} - \varphi_{\text{нач.}}$

в) траектория - линия, вдоль которой движется тело. Путь - это длина траектории. Кривизна траектории показывает форму $k = 1/R$, где R - радиус кривизны.

Ориентация траектории определяется по координатам начальной, конечной точек и третьей точки, не лежащей с этими на одной прямой.

4.3 Временные характеристики.

а) Момент времени - промежуток времени от начала отсчета до положения точки t [с]

б) Длительность движения - это разность моментов времени окончания и начала движения

$$\Delta t = t_{\text{кон.}} - t_{\text{нач.}}$$

в) Темп движения - это количество повторяющихся движений в единицу времени

$$N = 1/\Delta t [\text{с}^{-1}]$$

г) Ритм движения - это временная мера соотношения частот движений

$\Delta t_{2-1} : \Delta t_{3-2} : \Delta t_{4-3} \dots$ (отношение времени опоры ко времени полета - бег, отношение времени амортизации - сгибание колена к времени отталкивания - выпрямление ноги)

Ритм бывает постоянный, переменный. Неритмичные движения - это движения с отклонениями от заданного ритма (неопределенный или неправильный ритм).

4.4 Пространственно-временные характеристики.

а) **Скорость** - быстрота изменения положения.

$$\vec{V} = \frac{\Delta \vec{S}}{\Delta t} [\text{м/с}]$$

Мгновенная скорость - скорость в данный момент времени $V = \lim \frac{\Delta S}{\Delta t}$

Средняя скорость - скорость с которой тело за все время прошло бы заданный путь.

Скорость направлена при прямолинейном движении - по траектории, при криволинейном - по касательной к траектории

$$V_{\text{вращ.}} = \frac{2\pi R}{T}, \text{ где } T - \text{период вращения}$$

$$\omega = \frac{v}{r} \quad V = \omega r \quad [\text{рад/с}]$$

(линейная скорость вращения)

(угловая скорость)

б) ускорение - быстрота изменения скорости $a = \lim \frac{\Delta V}{\Delta t} \quad [\text{м/с}^2]$

$a > 0$, если $V_{\text{кон.}} > V_{\text{нач.}}$, напр. в сторону движения

$a < 0$, если $V_{\text{кон.}} < V_{\text{нач.}}$, напр. против движения, a_n - нормальное ускорение (перпендикулярно напр. скорости)

a центростремительное - направлено к центру

a центробежное - направлено от центра

a_τ - тангенциальное ускорение направлено по касательной к траектории

Угловое ускорение $\varepsilon = \lim \frac{\Delta \omega}{\Delta t} \quad a = \varepsilon r \quad (\text{поворотное}) \text{ ускорение} \quad a = 2\omega V$



$M_z = Y \Delta \omega$ - импульс момента сил равен изменению кинетического момента.

5.3 Классификация сил.

а) Статическая сила уравновешена другой силой и вызывает не ускорение, а деформацию
 $F_T = R$

б) Динамическая сила не уравновешена другой силой и вызывает ускорение и деформацию. Динамическая сила вызывает силу инерции $F = -ma$ (противодействие ускоряемого тела)

в) Дистантные силы возникают на расстоянии (силы тяготения)

Контактные возникают лишь при соприкосновении (силы упругости и трения)

г) Активные силы - вызывающие движение

Реакции связей - силы, с которой связь противодействует движению

д) Внешние - возникают действием тел внешних относительно системы

(можно перенести в ОЦТ)

Внутренние - вызванные взаимодействием частей внутри системы

(их нельзя переносить в ОЦТ)

е) сосредоточенные - приложенные к одной точке

распределенные - поверхностные или объемные

ж) постоянные

переменные

5.4 Внешние силы.

а) сила тяжести $F_T = mg$ равна геометрической сумме сил тяготения и центробежных

F_T полюсе $>$ F_T экваторе на 0,5%

б) Вес - сила с которой тело действует на опору или подвес $P = m(g-a)$

в) Силы инерции - противодействие ускоряемого тела $F_{ин} = -ma$

тангенциальная $F_{ин\tau} = m\epsilon r$; нормальная $F_{инн} = m\omega^2 r$; $F_{ин} = F_{ин\tau} + F_{инн}$

г) Выталкивающая сила θ - сила, действующая на тело, погруженное в жидкость

$\theta > F_T$ - тело всплывет; $\theta < F_T$ - тело тонет

д) Лобовое сопротивление - это сила, с которой среда препятствует движению

$R_x = \beta V^2$ $\beta = SC\rho$ - коэффициент сопротивления; ρ - плотность среды; S - коэффициент лобового сопротивления, зависит от обтекаемости и направления движения.

е) Подъемная сила - сила, действующая со стороны среды на тело, расположенное под углом

к направлению движения $R_y = SC\rho V^2$

ж) Реакция опоры - нормальная (не перпендикулярна опоре, если отталкиваться не строго вверх) и касательная - сила трения.

з) Сила трения - сила, противодействующая движению, направленная по касательной к соприкасающимся поверхностям $F_{тр} = (\mu N)$

трение покоя

трение скольжения - причина в сцеплении шероховатостей и молекулярного взаимодействия

трение качения - причина в деформации соприкасающихся тел

и) Сила упругости - сила, возникающая в деформированном теле и направленная против деформации $F_{упр} = -kX$, где k - коэффициент жесткости.

Внутренние силы

а) Силы мышечной тяги - это силы, приложенные к костям скелета, объединяются в устойчивые группы (синергии) и вызывают преодолевающие движения и уступающие движения

б) силы пассивного противодействия (внутренние механические силы) - реактивные, инерционные, упругие.

5.5 Динамические особенности движения.

К звеньям тела человека приложено множество сил, которые оказывают следующие действия: а) движущее (совершается положительная работа) б) тормозящее (работа этих сил отрицательная)

цательна) в) отклоняющее (эти сила перпендикулярны направлению скорости и увеличивают кривизну траектории); г) возвращающее (эти силы также перпендикулярны скорости, но уменьшают кривизну).

Результат действия всех сил зависит от их равнодействующей (векторной суммы).

Силы, приложенные к звеньям создают моменты. Суставов моменты, которые вызывают изменения движения.

5.6 Геометрия масс

а) Масса звена определяется по относительному весу $m = P_{\text{отн}} P_T / g 100$, где

P_T - вес всего тела; $P_{\text{отн}}$ - относительный вес звена в процентах; g - ускорение свободного падения

m головы = 7% m тела; m туловища = 43% m тела; m плеча = 3% m тела; m предплечья = % m тела; m кисти = 1 % m тела; m бедра = 12% m тела; голени - 5%; стопы = 2%.

б) Центр тяжести звена - определяется по расстоянию от оси проксимального сустава. По радиусу ЦТ - его выражают относительно длины всего звена. ЦТ бедра=0,44; голени =0,42; плеча=0,47; предплечья=0,42; туловища=0,44 (от оси плечевые суставов до оси тазобедренных). ЦТ головы расположен между бровями.

в) ОЦТ - общий центр тяжести - расположен при основной стойке в области малого таза впереди крестца

ОЦТ - точка приложения равнодействующей сил ОЦТ(ОЦМ) определяют экспериментально (взвешивание на специальной платформе) или рассчитывают по кинограммам используя теорему Вариньона при помощи ЭВМ).

г) ЦО - центр объема - это точка приложения выталкивающей силы при полном погружении в воду (ЦО на несколько см выше ОЦТ).

д) ЦП - центр поверхности - это точка приложения равнодействующей напора среды;

е) Момент инерции звена равен произведению массы звена на радиус инерции;

Радиусы инерции относительно поперечной оси проксимального сустава:

плеча- 0,55; предплечья - 0,5; бедра - 0,53; голени - 0,5.

ж) момент инерции тела человека равен сумме моментов инерции всех звеньев относительно заданной оси.

Наименьший момент инерции выпрямленного человека относительно продольной оси, проходящей через ОЦТ.

Движение человека есть результат совместного действия внешних и внутренних сил. Техническое мастерство проявляется в повышении удельного веса внешних и пассивных внутренних сил как движущих сил.

Глава 6 Механическая работа и энергия при движении человека

6.1 Энергетические характеристики. При движении человека силы, приложенные к его телу совершают работу и изменяют положения и скорость звеньев, что приводит к изменению энергии.

1) Работа - мера действия силы при котором совершается перемещение (Дж)

Работа сил а) тяжести $A = mgh$

б) упругости $A = kx^2/2$, k -коэффициент упругости

в) трения $A = -kNS$, k - коэффициент трения

2) Мощность - это быстрота совершения работы $N = F/t$ (Вт)

3) КПД - коэффициент полезного действия показывает эффективность действия сил- η

$$\eta = A_{\text{п}}/A_{\text{з}} \quad \eta_{\text{человека}} = 20-25\%$$

$A_{\text{п}}$ -полезная работа

$A_{\text{з}}$ -затраченная работа

4) Механическая энергия - это работоспособность системы (Дж)

а) кинетическая энергия - энергия движения $E_k = mv^2/2$

б) Потенциальная энергия - это энергия положения, взаимодействия тел или частей тела

Потенциальная энергия в поле сил тяжести $E_p = mgh$

Потенциальная энергия деформированного тела $E_p = kx^2/2$

k- коэффициент упругости(жесткость); x - деформация

Работа внешних и внутренних сил связана с изменением кинетической и потенциальной энергий.

В движении человека одни виды движения переходят в другие, при этом энергия также переходит из одного вида в другой. Так химическая энергия в мышцах переходит в механическую (потенциальную деформированных мышц). Возникающая при этом сила тяги мышц совершает работу, при этом потенциальная энергия переходит в кинетическую энергию звеньев. Механическая энергия внешних тел (кинетическая) передается звеньям тела и преобразуется в потенциальную энергию растягиваемых мышц-антагонистов и в рассеивающуюся тепловую энергию.

6.2 Биоэнергетика двигательных действий. В двигательных действиях происходит превращение одних видов энергии в другие. Изучение источников энергии, путей ее перехода, условий индивидуального использования и потерь необходимо для совершенствования систем движений.

Энергия расходуется на: а) производительную работу (решение двигательной задачи); б) непроизводительные затраты, связанные с ее превращением (против сил сопротивления); в) преобразование ее при накоплении в растянутой мышце (превращение в тепловую). Существует два источника энергии: а) запасы химической энергии (источники находятся в мышцах, органах, крови), химическая энергия запасается благодаря питанию и дыханию; б) механическая энергия внешнего окружения (внешних тел, среды, партнеров, противников), она передается телу посредством работы внешних сил (бросок в борьбе, соскок с перекладины...).

Приобретенная энергия не сразу расходуется, неизрасходованная энергия накапливается (превращается в потенциальную энергию напряженных мышц) - рекуперация (лат.- полученные вновь).

6.3. Энергия возвратных и колебательных движений. Возвратные движения включают три фазы: фаза прямого движения, подготовительная фаза; с обратным движением, рабочая фаза (движение маховой ноги в тройном прыжке)

Торможение совершается при уступающей работе мышц-антагонистов.

В критической точке (3) скорость падает до нуля, кинетическая энергия расходуется на работу против других сил. Энергетически выгодно тормозить звено упругими силами (без паузы в критической точке), чтобы лучше использовать «упругую отдачу» мышц.

Максимальное напряжение движущихся мышц включает активные силы мышечного сокращения. Мышцы-антагонисты не должны тянуть звено в конце прямого движения, ни тормозить в начале обратного, т.е. в рациональных возвратных движениях мышцы-антагонисты возможно полно расслаблены.

Энергетически целесообразно тормозить звено не включая сократительные элементы; растягивать мышцы только внешними силами; включать сократительные элементы только в критической точке; поддерживать активные сокращения только в фазе разгона обратного движения.

Энергетика колебательных движений.

Энергетически целесообразно в колебательных движениях включать упругую отдачу мышц в сочетании с сохранением и резонансным накоплением энергии в мышцах путем совершенствования управления энергетикой.

Для колебательного движения характерна многократная смена повторяющихся возвратных движений (движение ног при беге). Мышца, работающая в резонансном режиме (подводится энергии больше, чем расходуется и энергия накапливается в мышце). Подвод энергии совершают сократительные мышцы в критической точке. Благодаря резонансному накоплению энергии повышается мощность, скорость, темп. Накопление энергии в мышце обеспечивается параллельными упругими компонентами (саркомер). Движение в суставах ног обеспечивают перистые, веерообразные мышцы (с расположением волокон под углом к продольной оси мышцы) - косо волокнистые мышцы.

6.4 Энергетика дыхания.

Дыхание сопровождается периодическими изменениями объема грудной полости и внутригрудного давления за счет движения грудины, ребер, уплощения диафрагмы, активности дыхательных мышц.

Три типа дыхания: грудное, диафрагмальное, смешанное - наиболее рациональное.

Сочетание фаз дыхания с движениями:

а) анатомический способ - при движениях, способствующих увеличению грудной клетки - вдох, уменьшению - выдох (выпрямление, поднятие, отведение рук - вдох; наклон, приседание, сгибание - выдох).

б) биомеханический способ - выдох сочетается с фазами движения с наибольшей силой действия; вдох с фазой относительного расслабления (вдох во время гребка, вход при проносе весла).

При напряженной физической работе надо обеспечить максимальную легочную вентиляцию - частое, глубокое дыхание через рот, акцентировать выдох, а не вдох.

Глава 7 Биомеханика двигательных качеств.

7.1. Двигательные качества - основные понятия.

Каждый человек обладает двигательными возможностями (поднять какой-то вес, пробежать столько-то метров за определенное время и т.д.)

Двигательные возможности людей различны. Совокупность двигательных возможностей называется МОТОРИКА. Двигательные качества - отдельные качественно различные стороны моторики.

Двигательные качества объединяются, если:

1) проявляются в одинаковых характеристиках движения и имеют один и тот же измеритель (например, выносливость совершенствуют сходными путями в разных видах спорта - плавании, конькобежном спорте). Измерителем таких двигательных качеств, как мышечная сила, быстрота, выносливость являются F - сила, U - скорость, t - длительность движения, которые находятся в определенном соотношении друг с другом. Это соотношение разное в различных заданиях.

2) имеют аналогичные физиологические и биомеханические механизмы и свойства психики. Виды двигательных качеств: силовые, скоростные, выносливость.

Двигательное задание- это движение со строго оговоренными параметрами выполнения (например бег - 100 м, 200 м, 400 м; толкание ядра массой 4 и 5 кг, 7257 г)

Параметрические зависимости - это зависимость между максимальными (наибольшими) показателями F_m , U_m , t_m в разных двигательных заданиях.

При оптимальных параметрах спортсмен может показать самые большие результаты

F_m , U_m , t_m .

Лимитные показатели - это максимальные значения величин, показанных при оптимальных параметрах F_m , U_m , t_m .

Непараметрические зависимости - это зависимость между лимитными значениями и максимальными значениями величин. Например, связь между F_m , - сила разгибательных и U_m - скорость отталкивания в прыжках или t_m от U_m

7.2 Биомеханика силовых качеств.

СДЧ (сила действия человека) это сила воздействия на временное окружение, передаваемая через точки своего тела.

F - вектор, характеризуется направлением, точкой приложения, величиной.

СДЧ зависит от: волевых усилий, от параметров задания.

Силовые качества:

а) мышечная сила.

б) силовые возможности (силовые способности)- это

F_{mm} - лимитный показатель, т.е. наибольшее значение силы при оптимальных параметрах.

Классификация силовых качеств:

<u>Силовые качества</u>	<u>Условия проявления</u>
Собственно силовые (статическая сила)	Статический режим и медленное движение
Скоростно-силовые	
а) динамическая сила	Быстрые движения
б) амортизационная сила	Уступающие движения

СДЧ - зависит от сил тяги мышц, но неоднозначно, а в сложном завуалированном виде, т.к. влияют еще физиологические и психологические факторы.

СДЧ- зависит от а) скорости движущегося звена б) направления движения в) положения тела

а) связь «сила - скорость»

б) связь «сила - направление движения»

Сила действия в уступающих движениях превосходит (50-100%) изометрическую силу в преодолеваемом движении. Чем быстрее происходит растягивание мышц, тем большую силу они проявляют (рис.2).

в) связь « сила - положение» - возникает по следующим причинам: с изменением положения сустава изменяется длина мышцы, а сила тяги мышцы зависит от ее длины $F \sim l$; изменение плеча силы тяги мышцы, изменение суставного угла приводит к достижению выигрыша в скорости, но проигрыша в силе

Суставный угол	180	160	140	120	100	80	60
Плечо силы тяги мышцы (мм)	11,5	16,8	26,9	37,4	43,5	45,5	39,2

Плечо и сила действия меняется в 4 раза.

Если в движении участвуют многосуставные мышцы, картина усложняется (например СДЧ при сгибании в коленном суставе зависит от угла в тазобедренном суставе).

При одной и той же СДЧ и разных позах величины сил и моментов в отдельных суставах совершенно различны, при направленно выбранной позе могут стать настолько большими, что приводит к травмам. Такие позы называются критическими.

Наиболее точно определить какая мышца и в какой степени принимает участие при выполнении того или иного движения можно зарегистрировать ее электрическую активность - электромиография. Во многих видах спорта составлены электромиографические карты.

Топография силы

Топография силы - это соотношение максимальной силы действия разных мышечных групп. Топография силы зависит от спортивной специализации. Так у нетренированных людей лучше всего развиты мышцы, противодействующие силе тяжести - разгибатели спины и ног, сгибатели рук.

Специальные силовые упражнения - это упражнения, предназначенные для совершенствования техники и двигательных качеств, проявляемых в основном соревновательном движении (близки к соревновательному движению).

Должны удовлетворять принципу динамического соответствия., т.е. соответствия соревновательному движению их:

- а) амплитуда и направление движения;
- б) акцентуруемому участку;
- в) величине действия мышечной тяги;
- г) скорости развития максимума силы;
- д) режиму работы мышц.

Часто используют в силовых упражнениях основные соревновательные движения с искусственно увеличенным сопротивлением (метание утягощенных снарядов, прыжки, бег с дополнительным утягощением пояса, жилеты из просвинцованной резины. - это метод сопряженного воздействия).

7.3 Биомеханика скоростных качеств. Скоростные качества характеризуются способностью человека совершать двигательные действия в минимальный отрезок времени и утомление не возникает.

Разновидность проявления скоростных качеств:

- а) скорость движения; б) частота движения; в) латентное время реакции.

В спринтерском беге результат зависит от времени реакции на старте, скорости движений и частоты шагов.

В движениях циклического характера скорость передвижения определяется частотой движения и длиной шага

$$V = F(t) \quad \text{или} \quad V = F(l)$$

скорость от времени скорость от пути

Первая зависимость проявляется, если необходимо показать максимальную мгновенную скорость (в прыжках - к моменту отталкивания, в метаниях - при выпуске снаряда).

Вторая зависимость проявляется, если необходимо показать максимальную скорость на всем пути (спринтерский бег). При этом различают две фазы: а) увеличение скорости (стартовый разгон) б) относительная стабилизация $V(t) = V_m (1 - e^{-kt})$, где

V - мгновенная скорость;

V_m - максимальная скорость;

e - основание натурального логарифма (неперово число)

k - индивидуальный параметр (стартовое ускорение).

В некоторых видах спорта важно стартовое ускорение (баскетбол, теннис, хоккей, футбол.....), в других лишь дистанционная скорость (прыжки в длину), в третьих и то и другое.

7.4 Градиент силы - это быстрота изменения силы.

dF/dt - первая производная силы по времени.

Особенно важен, если сила проявляется за короткое время - «взрывом».

Градиент силы характеризуется:

- а) временем достижения силы равной половине максимальной
- б) скоростно-силовым индексом
- в) коэффициентом реактивности

г) временем достижения максимальной силы

$$t_m = 300-400 \text{ мс}$$

Время проявления силы во многих движениях мышц:

t отталкивания в спринтерском беге = 100 мс;

t отталкивания в прыжках в длину = 150-180 мс;

t отталкивания в прыжках в высоту = 250 мс

t отталкивания в метании копья = 150 мс

7.5 Зависимости между силовыми и скоростными качествами.

Параметрическая зависимость F от V - это зависимость при изменяющихся параметрах двигательного задания (величина силы приложенной к ядру и скорость вылета ядра при разном весе ядра).

Непараметрическая зависимость t от V - это зависимость при одинаковых параметрах, но разных величинах сопротивления (в % от F_{mm}), например без отягощения, с отягощением 1 кг, 3 кг, 8 кг.

Чем больше величина отягощения (преодолеваемого сопротивления), тем выгоднее в тренировке повышать скорость V_m за счет роста силовых показателей F_{mm}.

7.6 Двигательные реакции.

Двигательные реакции - это ответ на сигнал. Простая реакция - это ответ заранее известным движением на заранее известный сигнал (стрельба из пистолета по силуэтам, старт в беге...).

Сложная реакция - это заранее неизвестный ответ на неизвестный сигнал.

Фазы двигательной реакции:

(Латентное время реакции) а) сенсорная - от момента появления сигнала до появления мышечной электрической активности (регистрация по ЭМГ); б) премоторная - электромеханический интервал от появления электрической активности мышц до начала движения)25-60 мс);

в) моторная - от начала движения до его завершения.

С ростом спортивного мастерства длительность латентного времени реакции сокращается (в первую очередь сенсорная фаза - время принятия решения), но время сенсорной фазы не может быть очень малым, т.к. необходимо увидеть объект, движения глаз происходит автоматически (не может быть ускорено или заторможено) через 120 мс после прослеживающего движения глаз поворачивается голова.

Большое значение в сложных реакциях приобретает умение предугадывать действия противника (направление удара мяча и т.д.) - называется **антиципация**.

Расстояние, с которого мяч не может быть пойман или отражен без антипации называется «мертвой зоной».

Участки ворот при игре в хоккей с шайбой с «мертвыми зонами» и расстояниями с которых могут быть забиты мячи.

5,6 м	4,8 м
8,22 м	7,74 м

7.7 Основы понятия эргометрии. **Эргометрия** - это совокупность количественных методов измерения физической работоспособности человека.

При выполнении задания всегда имеют дело с 3 переменными - эргометрическими показателями:

а) интенсивность двигательного задания (скорость м/с, мощность Вт, сила F);

б) объем выполненного задания (расстояние (м), работа Дж), импульс силы(м.с.));

в) время выполнения задания (с).

Один из показателей задается как параметр (объем - дистанция при беге), 2 другие измеряются (интенсивность - скорость бега, время бега).

Задается как параметр двигательного задания	Изменяется		Примеры двигательных заданий
Интенсивность а) скорость м/с б) мощность, Вт в) сила Н	Пройден. дистанц., м	Время, с	а) бег или плавание с заданной скоростью (в м/с или 1,2 м/с)
	Выполн. работа, Дж	Время, с	б) вращение педалей велоэргометра с заданной мощностью (150 Вт)
	Импульс силы н.с.	Время, с	в) удержание груза 10 кг (9,8н) прямой рукой в горизонтальном положении.
Объем а) дистанция, м б) работа, Дж в) импульс силы, н.м	Скорость, м/с	Время, с	а) бег на опред. Дистанцию (5000м, 3 км)
	Ср.мощность ,Вт	Время, с	б) Выполнение на велоэргомере работы 30000 Дж в наименьшее время
	Ср.сила, Н	Время, с	в) проявление импульса силы в опред. Время (наименьшее)
Время, с а) б) в)	Пройденная дистанция	Ср.скорость, м/с	а) часовой бег или без 12 мин.
	Выполнение работы, Дж	Средняя мощность, Вт	б) вращение педалей велоэр. 12 мин
	Импульс, н.с	Средняя сила, н	в) Удержание статич. усилия на динамометре 12 мин

Таблица вариантов изменения эргометрических показателей. Справедливо правило **обратимости двигательных заданий**, т.е. если спортсмен пробегает дистанцию 3 км за 12 мин (ср. скорость 4,1 м/с), то при задании пробежать наибольшую дистанцию за 12 мин. он пробежит 3 км и т.д.

В видах спорта циклического характера, параметром является длина дистанции, возникает 3 зависимости: а) дистанция - время $D=a+vt$; б) скорость-время ; в) дистанция - скорость, где а - коэффициент, равный величине дистанции, пройденной за счет запасов энергии, не восстанавливаемых на ходу выполнения задания; в - максимальная скорость передвижения, которая может быть достигнута за счет энергии из источников, восстанавливаемых по ходу выполнения задания.

В организме есть два источника энергопродукции: **анаэробный и аэробный**. Наибольшая энергия, освобождаемая при мышечной работе определяется величинами:

а) максимального кислородного долга;

б) кислородной емкостью, т.е. произведением времени работы (t_m) на скорость потребления кислорода (м/мин) $E = a + vt_m$, где

E - энергия, - предельная продолжительность работы, а - анаэробная продукция (кал,Дж) (дистанция анаэробных резервов) ; в - скорость аэробной продукции (кал/мин, Вт)

(критическая скорость максимального потребления кислорода). Превышение критической скорости приводит к снижению работоспособности.

7.8 Биомеханика утомления. Утомление - это вызванное работой временное снижение работоспособности. Типы утомления: умственное, сенсорное, эмоциональное, физическое (вызванное мышечной деятельностью).

Фазы физического утомления:

а) фаза компенсированного утомления (несмотря на возрастание затруднений спортсмен сохраняет интенсивность двигательного задания на прежнем уровне, скорость не снижается, но происходит изменение в технике - уменьшается длина шага);

б) фаза декомпенсированного утомления (спортсмен, несмотря на все старания не может сохранить необходимую интенсивность задания).

Утомление проявляется: - в субъективных ощущениях, в объективных сдвигах (уменьшение систематического выброса, сдвига рН крови в кислотную сторону).

Повышение устойчивости спортивной техники по отношению к утомлению - одна из важных задач - достигается длительной специальной тренировкой.

7.9. Измерение выносливости. Выносливость - способность противостоять утомлению. Основным мерилом выносливости считают время, в течение которого человек способен поддерживать заданную интенсивность двигательного задания. Согласно правилу обратимости двигательных заданий для измерения выносливости можно использовать и другие эргометрические показатели. Существуют два типа показателей выносливости:

а) **явные** (абсолютные) - без учета развития силовых или скоростных качеств; б) **латентные** (относительные) - с учетом развития названных качеств.

Латентные показатели выносливости:

а) коэффициент выносливости $KВ = t_d/t_3$,

где t_d - время преодоления всей дистанции

t_3 - лучшее время на коротком эталонном (100м) отрезке

б) запас скорости - $ЗС = t_d/n - t_3$

где n - число, показывающее во сколько раз эталонный отрезок меньше всей дистанции.

Чем меньше запас скорости, тем выше выносливость. С ростом спортивной квалификации запас скорости уменьшается, а так же уменьшается с увеличением дистанции.

Зная латентные показатели выносливости на разных дистанциях тренер сможет определить слабые стороны, что именно отстает: скорость или выносливость.

7.10. Биомеханика экономизации спортивной техники.

Есть два пути повышения экономичности:

а) снижение энергозатрат в каждом цикле (каждом шаге) - (устранение ненужных движений, ненужных сокращений мышц, уменьшение внешнего сопротивления, уменьшение внутрицикловых колебаний скорости, выбор оптимального соотношения между силой действия и скоростью рабочих движений, выбором оптимального соотношения между длиной и частотой шагов).

б) рекуперация энергии (преобразование кинетической энергии и потенциальную и обратно, повышение и понижение ОЦМ - образно говоря ОЦМ, как шарик движется по неровной поверхности, при этом потенциальная энергия переходит в кинетическую. Кинетическая энергия движения превращается в потенциальную энергию упругой деформации мышц, а накопленная потенциальная энергия идет на сообщение скорости телу и его подъем - рациональное использование упругих сил мышц повышает экономичность работы более, чем в два раза).

Практикум (10 часов- 5 работ x 2)

Лабораторная работа №1. Определение ОЦТ аналитическим способом.

Оборудование: фотография позу спортсмена.

Цель: Определение положения ОЦТ по теории Вариньона

Р - относительный вес головы,	х у - координаты ЦТ головы		
Р - туловища,	х у	туловища	
Р- плеча,	х у	плеча	
Р- предплечья,	х у	предплечья	
Р- кисти,	х у	кисти	
Р - бедра,	х у	бедра	
Р- голени,	х у	голени	
Р - стопы,	х у	стопы	

при расчете использовать данные таблицы:

Название звена	Индекс	Относит. вес %	Расположение ЦТ звена
1. Голова	С	7	над верхним краем наружного слухового отверстия, между бровями
2. Туловище	t	43	на линии между серединами осей плечевых и тазобедренных суставов на расстоянии 0,44 от плечевой оси
3. Плечо	в	3	0,47 от сустава
4. Предплечье	a	2	0,42 от сустава
5. Кисть	m	1	пястно-фаланговый сустав 3-го пальца
6. Бедро	f	12	0,44 от сустава
7. Голень	s	5	0,42 от сустава
8. Стопа	p	2	на линии между пяточным бугром и 2 пальцем на расстоянии 0,44 от пятки

Ход работы:

1. На снимке провести оси координат ХОУ
2. Определить положение центров тяжести частей тела.
3. Определить координаты центров тяжести частей тела (по чертежу)
4. Рассчитать момент сил тяжести относительно ЦТ частей тела РХ РУ

Результаты занести в таблицу:

Части тела	Координаты		Относит вес р %	РХ	РУ
	Х	У			
1. Голова С			7		
2. Туловище t			43		
3. Плечо в			3		
4. Предплечье a			2		
5. Кисть m			1		
6. Бедро f			12		
7. Голень s			5		
8. Стопа p			2		
			75		

5. Вычислить координаты ОЦТ по теории Вариньона ф-лы [1]

6. Обозначить ОЦТ на фотографии.

Лабораторная работа № 2. Считывание координат и построение по ним промера.

Оборудование: 1) кинограмма - промерная с опознавательными точками или контурограмма - накладная; 2) мм бумага; 3) линейка, угольник; 4) увеличитель; 5) лист бумаги.

Цель: 1) научиться считывать координаты точек на каждом кадре кинограммы; 2) научиться по координатам находить положение точек тела и вычерчивать позы - строить промер.

Ход работы:

1. Просмотреть киноплёнку, найти **исходное и конечное** положение изучаемого движения. Рассчитать величину **перемещения в натуре** (по разметке поля съёмки или масштабным рейкам). Выбрать масштаб (1/10, 1/20, 1/40,.....)
2. На листе бумаги зарисовать масштаб. Положить под увеличитель лист бумаги для зарисовки промера, заложить плёнку в увеличитель и установить увеличение, соответствующее масштабу. Нанести на промер не менее 2-х опознавательных точек для совмещения их в последующих кадрах. Прорисовать ориентирные линии (горизонталь и вертикаль) через точку отсчета и через каждые 5 см.
3. Передвигая кадр за кадром с совмещением ориентирных точек проставить опознавательные точки каждой позы.

Опознавательные точки: центр тяжести головы - С
туловища - t
плеча - в (плечевой сустав)
предплечья - а (локтевой сустав)
кисти - m (лучезапястный сустав)
бедра - f (тазобедренный сустав)
голени - s (коленный сустав)
стопы р - (голеностопный сустав)
пальцы стопы - d

(выбрать нужные)

4. Начертить таблицу координат

S	c	t	b	a	m	f	s	p	d	S	c	t	b	a	m	f	s	p	d
1																			
2																			
3																			
4																			
5																			
6																			
7																			
8																			
9																			
10																			

5. Считать координаты всех точек всех поз, занести их в таблицу.
6. Построить сетку координат, для этого определить по таблице координат наибольшие значения S_x и S_y по этим размерам установить размеры сетки координат - разметить оси координат через 10 мм и надписать числовые значения.
7. Построить промер, для этого нанести точки позы и соединить их линиями, выполнить эту операцию для всех поз, проставить номера поз.

Лабораторная работа № 3. Расчет по координатам линейных скоростей и ускорений.

Оборудование: Таблица координат (см. лаб. раб. № 2).

Цель: научиться рассчитывать линейные скорости и ускорения по способу разностей.

Ход работы:

Скорость точки определяют отдельно по оси X и по оси Y по двум ее составляющим $V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2}$. Расстояние берут по данной оси не между соседними точками, а через одну $S = S_2 - S_0$, это S - первая разность. Затраченное время t определяют по количеству межкадровых интервалов L и частоте съемки N : $t = L/N$ ($N = 24$ кадра/с)

Чтобы найти действительный путь с учетом масштаба нужно путь точки разделить на величину масштаба (1/10) или умножить на величину, обратную масштабу M ($M=10$), тогда

Ускорение точки определяется также по осям X и Y.

$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$, с учетом масштаба и формулой времени
- вторая разность Δv , т.е.

Первая разность S пропорциональна скорости V

Вторая разность S пропорциональна ускорению, поэтому можно рассчитывать не сами скорости и ускорения a S S , если интересен вопрос как и когда изменяется скорость и ускорение.

1. Пользуясь табл. Л/р № 2 заготовить таблицу координат точки (например t- туловище), скоростей и ускорений

S_x	t	S_x	S_x	S_y	t	S_y	S_y
1				1			
2				2			
3				3			
4				4			
5				5			
6				6			
7				7			
8				8			
9				9			
10				10			

2. Рассчитать первые и вторые разности.

Лабораторная работа № 4. Построение векторных графиков скоростей и ускорений.

Оборудование: 1. Кинограмма (см.л/р № 1) или накладная кинограмма.

2. Таблица скоростей и ускорений (л/р № 3).

Цель: Научиться строить векторные графики линейных скоростей и ускорений.

Ход работы:

Скорость и ускорение - величины векторные, их можно изобразить на промере (л/р № 1) в виде стрелок определенного размера (в масштабе) и направлении, приложения к точке (например туловища t). Вектор можно построить по горизонтальной и вертикальной составляющей по правилам сложения параллелограмма:

1. Выбрать и нарисовать линейный масштаб на промере для скоростей и ускорений.
2. Нарисовать вектора скоростей точки t для поз 2, 4, 6, 8 (см. ф-лы 1) (использ. Табл. Л/р № 3).
3. Нанести вектора скоростей точки t на промер в позы 2,4,6,8.
4. Нарисовать вектора ускорений точки t для поз 3,5,7 (см. ф-лы 2) (использ. Табл. Л/р № 3).
5. Нанести вектора ускорений точки t для поз 3,5,7 (выбрать цвет карандаша отличный от цвета скоростей).

Лабораторная работа № 5. Построение линейной хронограммы.

Оборудование: 1. Кинограмма или накладная контурограмма (см.л/р № 1).

2.

Цель: Научиться определять моменты изменения движения, фазы и периоды. Научиться чертить линейные хронограммы.

Ход работы:

Фаза **начинается** в момент существенного изменения движения (например, окончание полета и начало опорного положения) и **заканчивается** также в какой-либо существенный момент (например, окончание опоры и начало очередного полета).

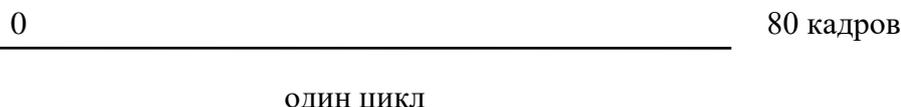
Момент изменения движения - это граница между соседними фазами (граничный момент).

1. Рассматривая кинограмму определяют момент и номер кадра, соответствующий этому моменту (наименование момента дают по тому, что происходит в этот момент).
2. По моментам определяют содержание ограниченных ими фаз (отмечают, какие номера кадров ограничивают каждую фазу).
3. Определяют длительность каждой фазы по количеству интервалов между кадрами. Частота съемки - 24 кадра в секунду.

Момент (наименование)	№ кадра	Фаза содержания	№ кадров	Длительность фазы (сек)	Обозначение фазы

4. Построить линейную хронограмму

а) провести ось времени, установить масштаб изображения (виде N кадров одного цикла), который нанести на ось времени



б) под осью времени нанести ось хронограммы и на ней моменты измерения движения (по таблице) и подписать вверху наименование моментов.

в) отметить фазы в виде прямоугольников: опорные - ниже оси хронограммы, безопорные - выше оси; снизу написать название оси.

Задание для самостоятельной работы

Задание 1.

Заполните таблицу № 1, соотнося имена ученых и время (век) их научной деятельности

Имя ученого	Время (век) научной деятельности
Галилей	
Ньютон	
Л.да Винчи	
Д.Борелли	
В.Браун	
О.Фишер	
Л.Ф.Лесгафт	
Н.А.Бернштейн	
А.Л.Ухтомский	

Задание № 2 (исп. Данные табл. 1)

Назовите основателя биомеханики и создателя отечественной системы биомеханики.

Задание № 3.

Назовите общие положения и сущность метода биомеханики.

Задание № 4.

Перечислите методы исследований, выделяя из них те, которые можно применить при анализе избранного вида спорта.

Методы	Вид спорта

Задание № 5.

Используя табл.№ 2 назовите основные мышцы, совершающие работу в двигательном задании избранного вида спорта.

Задание № 6.

Выделите (см. задание № 5) группы мышц: а) совершающие статическую и динамическую работы; б) синергисты и антагонисты

Задание № 7.

В каких режимах работают эти группы мышц?

Задание № 8.

Рассчитайте свои показатели двигательных возможностей (усл.единицах), принимая за средние показатели человека $H=170$ см.

Задание № 9.

Назовите возрастной диапазон наибольших достижений в избранном виде спорта.

Задание № 10.

В избранном виде спорта перечислите силы, вызывающие действия: а) движущие; б) тормозящие; в) отклоняющие; г) возвращающие.

Задание № 11.

Назовите типы и способы дыхания в избранном виде спорта.

Задание № 12.

Изобразите график параметрической зависимости для избранного вида спорта (данные по мировым, краевым,..... показателям) а) дистанция-время; б) скорость-время; в) сила-скорость.

Задание № 13.

Как изменяются эргометрические показатели (интенсивность, объем, время) в двигательных заданиях избранного вида спорта?

Задание № 14.

Вычислите ваш коэффициент выносливости KV

где t - время преодоления всей дистанции

t_0 - лучшее время на коротком эталонном отрезке (100м)

Задание № 15.

Вычислите ваш запас скорости $ZС =$

где n - число, показывающее во сколько раз эталонный отрезок меньше всей дистанции.

Словарь терминов

Понятие	Содержание
1. Электромиография	непрерывное измерение суставного угла
2. Хронофотограмма	ряд изображений через одинаковые промежутки времени на одной и той же пленке
3. Электромиография	регистрация мышечной электрической активности
4. Релаксация	уменьшение напряжения в растянутой мышце (расслабление)
5. Агонисты	мышцы одинакового действия
6. Синергисты	мышцы совместного действия, выполняющие преодолевающую работу
7. Антагонисты	мышцы противоположного действия, выполняют уступающую работу
8. Резонанс	резкое возрастание амплитуды колебаний при совмещении собственной и вынужденной частот
9. Латентное доминирование	двигательное предпочтение
10. Амбидекстрики	люди без латентного доминирования
11. Акселераты	дети, у которых двигательный возраст опережает календарный
12. Ретарданты	дети, у которых развитие моторики отстает
13. ОЦТ (общий центр тяжести)	точка приложения равнодействующей сил тяжести всех звеньев тела
14. ЦП (центр поверхности)	точка приложения равнодействующей напора среды
15. Рекуперация	накопление мышечной энергии за счет перехода неизрасходованной энергии в потенциальную энергию напряженных мышц
16. Антиципация	умение предугадывать действия противника

Вопросы к зачету по курсу «Основы биомеханики»

1. Предмет биомеханики. История биомеханики.
2. Методология и задачи биомеханики. Методы исследования.
3. Биомеханическая система.
4. Рычаги в теле человека. Свойства мышц.
5. Дифференциальная биомеханики.
6. Зависимость двигательных возможностей от тотальных размеров, возраста, пола.
7. Кинематические характеристики движения человека: система отсчета, перемещение, скорость, ускорение, темп, ритм.
8. Динамические характеристики движения человека: инерция, масса, момент инерции.
9. Сила, момент силы, импульс силы.
10. Классификация сил.
11. Геометрия масс: центр тяжести звена, ОЦТ, центр объема, центр поверхности, момент инерции тела человека.
12. Энергетические характеристики движения человека: работа, мощность, энергия, КПД.
13. Энергетика двигательных действий. Источники энергии, расход энергии, рекуперация. Энергетика дыхания.
14. Двигательные качества: силовые качества, скоростные качества, выносливость; связь двигательных качеств.
15. Параметрическая и непараметрическая зависимости.
16. Эргометрия, эргометрические показатели.