**Лекция №1**
**Тема: Предмет и методы биомеханики**

1. Биомеханика как наука о движении человека.
2. Задачи и содержание биомеханики.
3. развитие биомеханики, основные направления.
4. Биомеханические методы изучения движения.

## 1. Биомеханика как наука о движениях человека

Движения живых существ представляют собой очень сложное явление. В них сочетается самое простое движение - механическое, которое изучает механика, с более высокими формами движения, которое изучает химия, биология, психология и другие науки. Поэтому биомеханика, разрабатывая собственные пути изучения механического движения живых существ, использует также данные ряда смежных наук.

В восходящем развитии материи формировались все более высокие уровни ее организации (структурные уровни материи). Для них характерны соответственно все более сложные формы движения, все более сложные свойства и закономерности.

Ф.Энгельс различал более простые формы движения материи - механическую, физическую и химическую, которые проявляются как в неживой, так и живой природе, и более сложные, высшие формы движения - биологическую (все живое) и социальную (общественные отношения, мышление).

Каждая более сложная форма движения включает в себя и более простые. Простейшая форма - механическая - существует везде. Но чем выше форма движения, тем менее существенна механическая формула; движение качественно характеризуется соответственно более высокой формой.

Таким образом, ***каждая высшая форма обладает качественной спецификой и «несводима» к низшим, в то же время она неразрывно связана с ними.***

Движения человека, которые изучаются в биомеханике, включают в себя механическое движение. Именно оно составляет непосредственную задачу двигательной деятельности человека. Но механическое движение осуществляется при определяющем участии более высоких форм движения. Поэтому биологическая механика (биомеханика) шире и намного сложнее, чем механика, она качественно отличается от физики неживых тел. Механическое движение живого получает объяснение лишь при изучении специфики живого, опираясь, разумеется, на основы механики - на классическую механику (абсолютно твердого тела).

Предмет биомеханики определяется тем, что именно, какие явления ( о б ъ е к т  п о з н а н и я) и какую сторону действительности (о б л а с т ь  и з у ч е н и ) она изучает.

***Как наука биомеханика охватывает изучение механического движения в животных организмах, в том числе и движения человека.***

Однако двигательные действия человека существенно отличаются от движений животных. В первую очередь речь идет об осознании целенаправленности движений человека, о понимании их смысла, возможности контролировать их и планомерно совершенствовать. Поэтому сходство между движениями животных и человека завершается на чисто биологическом уровне.

Поскольку овладение движениями, совершенствование движений определяют собой их эффективность, их соответствие цели двигательной деятельности, учебный курс биомеханики направлен на изучение движений только человека. Здесь необходимо учитывать и то, что в движениях обусловлено высшими уровнями сознательного управлениями ими. Именно эти особенности не имеют объяснения ни с позиций механики, ни с позиций биологии.

«В норме человек производит не просто движения, а всегда действия» (Н.А.Берштейн). Действия человека всегда имеют цель, определенный смысл. Из действий человека складывается его двигательная деятельность. При помощи этой деятельности в процессе физического воспитания человек преобразует свою собственную природу, физически совершенствуется. Человек преобразует мир, используя возможности научно-технического прогресса в конечном счете посредством двигательной деятельности.

Двигательные действия, составляющие двигательную деятельность, осуществляются посредством целенаправленных активных движений. Движения многими частями тела, органами опоры и движения объединены в управляемые системы движений, целостные двигательные акты (например, гимнастические упражнения, способы передвижения на лыжах, приемы игры в баскетбол и т.д.). В системы движений входит также и активное сохранение положений отдельных частей тела (в суставах), а иногда и всего тела.

***В учебном курсе биомеханики объект познания составляют именно активные движения (а также сохранение положений тела). Они изучают как системы движений в действиях человека.***

## 2. Задачи и содержание биомеханики

В биомеханике область изучения определяется ее задачами. Общая задача охватывает всю область знания в целом; частные задачи важны при изучении конкретных вопросов движений.

**Общая задача изучения движений состоит в оценке эффективности приложения сил для более совершенного достижения поставленной цели.**

Изучение движений в конечном счете имеет педагогическую направленность. Движения изучают для того, чтобы определить, от чего зависит их эффективность, в каких условиях и как лучше их исполнять. Для этого необходимо уметь оценивать их совершенство, их соответствие поставленной цели. По выражению А.А. Ухтомского, биомеханика исследу-

ет, «каким образом полученная механическая энергия движения и напряже-
ния может приобрести рабочее применение».

Путь оценки эффективности в принципе прост. Нужно определить силы, которые в данном движении совершают п о л е з н у ю р а б о т у. Да-
лее нужно установить, какие силы производят в р е д н у ю р а б о т у, сни-
жающую эффект приложения полезных сил. Выясняют, каковы источники сил, где и когда они приложены, каков результат их действия. Сопоставляя полученные данные, можно узнать, насколько целесообразно исполняется изучаемое движение, в чем состоят его недостатки, как лучше их устранить и, главное, как совершенствовать движение.

При всей кажущейся простоте этой задачи нужно подчеркнуть, что ре-
шение ее требует не только совершенных методов регистрации движений, но и ф у н д о м е н т а л ь н о й т е о р и и, позволяющей объяснять получа-
емые данные.

Оценка эффективности требует глубокого раскрытия законов движе-
ния в живых системах. Эти законы даже с точки зрения механики отличают-
ся от законов Ньютона, по крайней мере, как живой организм отличается от абстрактной модели - абсолютно твердого тела. В этом отношении задачи изучения влияют не только на выбор области изучения, но также на метод и теорию, объясняющую закономерности данной науки.

**Частные задачи биомеханики состоят в изучении и объяснении: а) самих движений человека в той или иной области его двигательной дея-
тельности; б) движений физических объектов, перемещаемых челове-
ком; в) результатов решения двигательной задачи; г) условий, в кото-
рых они осуществляются; д) развития движений человека (с учетом на-
званных сторон) в результате обучения и тренировки.**

Для достижения цели двигательного действия можно найти несколько способов его исполнения. Изучая кинематику, пространственную форму и характер движений, дают их внешнее о п и с а н и е. Изучая динамику дви-
жений, влияние сил на их изменение, дают о б ъ я с н е н и е, находят при-
чины особенностей движений. Таким же образом описывают и объясняют движения снарядов (мяч, шайба, ядро и т.п.), зависящие от движений чело-
века.

Для оценки качества движений нужно изучить результат решения дви-
гательной задачи. Он может больше ил меньше соответствовать поставлен-
ным требованиям. При этом нужно не только установить само качество ре-
зультата, но и дать объяснение причинам той или иной эффективности. Необходимо сопоставлять разные варианты, сложившиеся в практике, раз-
ную степень совершенства, зависящую от квалификации исполнителя, и многое другое.

Далее необходимо рассмотреть влияние условий, в которых исполня-
ется движение, на способ действия и на результат решения двигательной за-
дачи. Так как движения часто исполняются в переменных условиях, харак-
тер изменения последних также влияют на движения. Условия двигательной деятельности обычно разделяют на внешние и внутренние. К внешним

условиям относят все факторы в н е ш н е г о о к р у ж е н и я [1], в котором движется человек. К внутренним условиям деятельности относят более общие, зависящие от длительно действующих факторов (уровень подготовленности, возрастные особенности и др.), и более частные проявления приспособления человека к конкретным условиям определенного действия (степень вырабатывания, утомление и др.). С одной стороны, здесь выявляют, какие условия благоприятствуют эффективности, иначе говоря, *какие нужно создавать условия.* С другой стороны, определяют, *как лучше приспосо - биться к заданным условиям,* как их использовать.

Наконец, как правило, для понимания изучаемого состояния или процесса надо узнать его историю, рассмотреть явление в его р а з в и т и и. Тут нужно не только раскрыть уже пройденные этапы, но и предвидеть, прогнозировать будущее. Без предвидения невозможно обоснованное планирование деятельности, а именно оно (в самом общем плане) отличает человека от животных. Поэтому на основе описания и объяснения движений необходимо указать путь их совершенствования: *не только изучать действительность, но и преобразовать ее.*

Постановка общей задачи, раскрытие ее через ряд частных задач повышает целенаправленность изучения движений, выдвигает конкретные требования к разработке теории и метода биомеханики, дает возможность рационализации физических упражнений и путей овладения ими.

## 3. Развитие биомеханики как науки, основные направления

Возникновению и развитию биомеханики как самостоятельной науки способствовали определенные предпосылки - накопление знаний в области физических и биологических наук, а также развитие техники, позволяющее разработать ряд сложных методик изучения движений.

### 3.1 Начальное развитие биомеханики

На возникновение биомеханики как науки о движениях животных оказало решающе влияние развитие механики. Классическая механика описывает движения материальной точки и абстрактного абсолютно твердого тела. На ее основе разрабатывалось и учение о движении абсолютно упругого тела. Необходимо обратить внимание на то обстоятельство, что здесь имеет место условность. Таких объектов в природе не существует - все это абстракция (отвлечение от конкретных частностей), необходимые для установления основных законов. Последние позволяют при их правильном применении познать особенности движений реальных, конкретных физических объектов. Так, для биомеханики оказались применимыми развивающиеся как самостоятельные науки: гидро- и аэромеханика, сопротивление материалов, реология (теория упругости, пластичности и ползучести), теория механизмов и машин и др. Они в большей или меньшей степени используются в биомеханике, помогают изучать движения человека.

Математические науки, сыгравшие свою роль в развитии механики, в дальнейшем разрослись в самостоятельные области знаний. Их применение в биомеханике все более расширяется. Речь идет не только о математической обработке собранного материала, но и о самостоятельных математических методах исследования (в частности, о моделировании).

Д.Борелли, врач, математик, физик (ученик Г.Галилея), своей книгой «О движении животных» (1679) положил начало развитию биомеханики как отрасли науки. Из биологических наук в биомеханике более других использовались данные анатомии и выделившейся из нее (в XVI–XVII вв.) физиологии. Большое влияние на развитие биомеханики затем оказали функциональная анатомия и особенно идеи нервизма в современной физиологии. Так складывались основные направления в развитии биомеханики – механическое, функционально-анатомическое и физиологическое, существующие и поныне.

Основные направления в биомеханике возникали одно за другим и далее продолжали развиваться одновременно. В механическом направлении заложены основные идеи об изменении движений под действием приложенных сил и о применимости законов механики к движениям животных; в функционально-анатомическом – идея о единстве и взаимообусловленности формы и функции в живом организме; в физиологическом – идея системности функций организма, идея энергетического обеспечения и идея нервизма (раскрывающая значение процессов управления движениями в двигательной деятельности).

Механическое направление , начатое работами Д.Борелли, развитое В.Брауне и О.Фишером, представлено сейчас в работах многих зарубежных школ (ГДР, ЧССР, США и др.). Механический подход к изучению движений человека позволяет определить количественную меру двигательных процессов. Это одна из основ биомеханики (измерение показателей двигательной функции). На этой основе совершенно необходимо объяснение физической сущности механических явлений. С точки зрения физики раскрывается строение опорно-двигательного аппарата и движений человека. В этом отношении механическое направление никогда не потеряет своего значения.

Однако чисто механический подход создает почву для неоправданных упрощений, что часто приводит к неправильным выводам. Кроме того, появляется опасность недооценки качественной специфики физики живого. Возникают механические тенденции объяснения качественно более высоких явлений простейшими механическими факторами.

Не случайно это направление не породило ни одной глубокой теории, объясняющей двигательную деятельность человека. Неправильная трактовка биомеханики как «прикладной к живому» механики (т.е. технической науки) исключает возможность познать действительную сложность движений человека и целенаправленно совершенствовать ее. Применение законов механики материальной точки и абсолютно твердого тела к изучению движений человека, конечно, необходимо, но недостаточно. Так же как тело человека отличается от абстрактных тел, так и законы его движений требуют учета этих от-

личий, но не в общих декларативных оговорках, а в конкретном анализе. Для биомеханического анализа особый особый интерес представляют внутренние (в том числе мышечные) силы, в то время как в задачах классической механики их стараются исключать. В двигательном аппарате существенно важно определить источник, роль и эффективность каждой силы, в то время как в механике один из основных методов – замена системы сил эквивалентными векторами сил и моментов сил.

Наряду с механическими причинами особой сложности движений животных существуют немеханические причины, которые играют еще большую роль. Именно эти причины представители данного направления обычно не рассматривают.

Функционально-анатомическое направление, созданное в нашей стране трудами П.Ф.Лесгафта, М.Ф. Иваницкого, характеризуется преимущественно описательным анализом движений в суставах, определением участия мышц при сохранении положений тела в его движениях. В анатомических исследованиях движений обычно использовались качественные характеристики при относительно малом применении количественной меры. Однако сейчас все шире применяется регистрация электрической активности мышц (электромиография), дающая ценный вклад в определение времени и степени участия мышц в движениях, согласования активности отдельных и групп мышц.

Новое направление в функциональной анатомии – спортивная морфология (А.А.Гладышева) – способствует познанию специфических особенностей опорно-двигательного аппарата человека в связи с занятиями спортом. Конкретизация знаний о морфологических основах биомеханических систем обеспечивает более глубокое и правильное определение физической и технической подготовки в физическом воспитании, в частности в спорте.

Физиологическое направление в отечественной школе биомеханики складывалось под влиянием идей нервизма и в результате развитие учения о высшей нервной деятельности и нейрофизиологии. Признание рефлекторной природы двигательных действий и механизмов нервной регуляции при взаимодействии организма и среды в работах И.М.Сеченова, И.П.Павлова, А.А.Ухтомского, П.К.Анохина, Н.А.Бернштейна и других ученых составляет физиологическую основу изучения движений человека.

Обширные исследования регуляторных механизмов центральной нервной системы и нервно-мышечного аппарата дают представление об исключительной сложности и совершенстве процессов управления движениями. Однако, несмотря на разностороннее изучение этой проблемы, единая, относительно завершенная физиологическая теория управления движениями еще не сформирована.

Исследования Н.А.Бернштейна дали ему возможность установить чрезвычайно важный принцип управления движениями, общепризнанный в настоящее время. Управление движениями осуществляется посредством приспособления импульсов (команд) нервной системы по ходу движения к конкретным условиям его выполнения и устранения отклонений от задачи дви-

жений (коррекция). Идеи И.М.Сеченова о рефлекторной природе управления движениями путем использования чувствительных сигналов получили раз - витие в положении Н.А.Бернштейна о кольцевом характере процессов управ - ления. Нейрофизиологические концепции Н.А.Бернштейна стали основой современной теории биомеханики.

Системно-структурный подход как методологическая основа в известной мере объединяет механическое, функционально-анатоми - ческое и физиологическое направления в развитии теории биомеханики.

Существо этого подхода заключается в изучении явлений как целост - ных сложных объектов (системы). Понятие о системе (целом), в которой мно - жество элементов (ее состав) закономерно объединено взаимными связями, взаимозависимостью (ее структура), стало общепризнанным в современной науке. В биомеханике этот подход проявляется в изучении тела человека и его движений как сложных систем.

Идеи о системности внес в изучение двигательной деятельности также Н.А.Бернштейн. Таким образом, ***современная отечественная школа биоме - ханики развивает теорию движений, разрабатывающуюся в ряде направ - лений и объединенную на основе исследований и теоретических положе - ний Н.А.Бернштейна.***

Биомеханика физических упражнений – частный раз - дел биомеханики, особенно важный для естественно-научного обоснования физического воспитания. Крупнейший русский анатом П.Ф.Лесгафт, созда - вая теоретическую анатомию, применял ее данные для обоснования разрабо - танной им отечественной системы физического воспитания. В исследованиях П.Ф.Лесгафта были заложены основы предмета “теории телесных движе - ний”. В настоящее время в педагогических институтах и институтах физиче - ской культуры нашей страны эта теория нашла свое отражение в курсе био - механики. Во многих зарубежных странах подобные курсы имеют другое на - звание – “кинезиология”. Чаше всего их содержание ограничено изложением элементарных механических и анатомических данных и не опирается на основательно разработанную теорию движений.

Биомеханика как одна из биологических наук нового типа сближается по методам исследования с точными науками. Она развивается как раздел биофизики, возникшей на стыке физических и биологических областей зна - ний.

Для изучения физических упражнений необходимо раскрытие их меха - нической и биологической природы, что относится к ведению биомеханики. В этом отношении такие биологические науки, как спортивная морфология, физиология физических упражнений, содействуют пониманию конкретных специфических особенностей формы, строения и функции тела человека.

Возможна и необходима двусторонняя связь биомеханики с другими биологическими науками в изучении и обосновании физических упражнений. Вместе с тем методы и законы биомеханики предназначены для совершен - ствования ряда педагогических дисциплин, разрабатывающих конкретные за - дачи физического воспитания. В этом смысле справедливо рассматривать

биомеханику как современную область биологического знания с педагогической направленностью.

## 4. Биомеханические методы изучения движений

Для изучения движений в биомеханике применяются специфические для нее (биомеханические) методы. В случае необходимости используют методы и смежных наук: биологических, психологических, педагогических, математических и др. Биомеханические методы позволяют получать количественные характеристики движений (см. гл. III) и выявлять их взаимную зависимость. Это обеспечит системный анализ, а также системный синтез движений как основной путь их изучения.

Рассматривая сложное двигательное действие как систему движений, необходимо мысленно выделить в этой системе ее основные элементы, установить ее состав. Для этого используют количественные характеристики (см. гл.III), которые позволяют различать движения, отличать одно движение, элемент, деталь от других. Чтобы установить состав системы, используют системный анализ, т.е. расчленение системы на составные части.

В понятие системы входит ее структура как закон взаимодействия элементов в системе. Изучая изменения количественных характеристик, устанавливают этот закон, выявляют, как элементы влияют друг на друга. Для выявления структуры системы используют системный синтез – выявление причин целостности системы.

Системный анализ и системный синтез неразрывно связаны друг с другом, они взаимно дополняются в системно-структурном исследовании.

Количественные характеристики движений позволяют на уровне высшего системного синтеза строить модели системы движений (физические, математические). Используя вычислительную технику, начинают изучать процессы управления в движениях, искать оптимальные варианты действий. Здесь речь идет о принципах и результатах, а не конкретных механизмов, что уже относится к физиологии.

Закономерности, устанавливаемые при изучении движений, имеют статистический (вероятностный) характер. Такие законы характерны для живых организмов. Их вероятностный характер обусловлен зависимостью следствий от многих, не определенных полностью причин.

Современные комплексные методики включают ряд методов регистрации и обработки данных, взаимно дополняющих, а иногда и дублирующих (для проверки) друг друга.

Тот или иной метод исследования выбирают, исходя из того, насколько он обеспечивает получение достоверных и доступных данных. Необходимо, чтобы такой метод: а) обеспечивал достаточную точность измерений; б) не искажал движений, т.е. не обременял бы испытуемого; в) был надежным и удобным для применения; г) мог применяться в условиях проведения наблюдений или эксперимента; д) давал материал в форме, удобной для обработки;

е) был совместим с другими необходимыми методами и по всем названным показателям соответствовал задаче исследования.

Механические устройства, прежде всего, использовались для определения положения центра тяжести тела человека (Д.Борелли, А.Баз - лер и др.). Затем в XIX в. ряд устройств применялся при изучении ходьбы (В. и Э.Веберы, Ж.Марей и др.). Постепенно механические устройства были вы - теснены более современными светохимическими и электротехническими ме - тодами.

Светохимическая регистрация включает простое фото - графирование (одиночные снимки) и методы последовательного фотографи - рования (ряд камер Э.майбриджа, кинография Ж.марея, циклография В.Брау - ке и О.Фишера, Н.А.Бернштейна, стробофотография и др.). Эти методы дают возможность зафиксировать позы в определенные моменты времени и благо - даря этому измерить координаты точек. Зная частоту киносъемки, определя - ют скорости, ускорения, темп, ритм, рассчитывают усилия и многие другие характеристики.

Электротехническая аппаратура обладает очень больши - ми возможностями. Она позволяет одновременно регистрировать множество кинематических, динамических и электрофизиологических характеристик. Многоканальная запись ряда характеристик обеспечивает их совмещение во времени – синхронизацию. Все шире используется подключение вычисли - тельных устройств, что обеспечивает одновременную с регистрацией данных и их математическую обработку, телерегистрация характеристик, видеозапись и др.

Комплексное применение фотографических и электротехни - ческих методик регистрации с автоматической обработкой данных характери - зует собой современный этап технического оснащения биомеханических ис - следований.

Рассмотрим применение различных измерительных устройств при вы - явлении отдельных характеристик.

Пространственные характеристики (координаты, траек - тории) можно измерять, а результаты измерения записывать по ходу исполне - ния движения как непрерывно, так т в отдельные моменты времени – дис - кретно. Определение этих характеристик сводится к измерению расстояний (в линейных и угловых единицах отсчета).

Измерение расстояний производится как непосредственным путем, так и замерами на уменьшенных (масштабно) изображениях (материалы фото - регистрации).

Непосредственные измерения. В спортивной практике из - меряются как размеры мест соревнований (общие размеры и разметка), так и результаты спортивных выступлений (например, высота, длина в прыжках, дальность метаний и др.). Для этого применяют рулетки, измерительные тро - сы, оптические визиры, механические дистанциометры (колесо со счетчи - ком), циркули-измерители и др. Углы наклона на местности измеряют экли - метром (угломером).

Результат движений определяют, например, при помощи измерителя прыгучести (В.М.Абалакова), мишеней для попадания футбольным или теннисным мячом. Вдоль дорожки расставляют на равных расстояниях ориентиры для зрительного или автоматического (фотоэлементы) измерения времени прохождения определенных отрезков (например, для определения скорости лидирования звуковым сигналом). Все перечисленные методы измерения расстояний в принципе просты и не требуют подробных пояснений.

Углы в суставах измеряют гониометрами разных систем. Наиболее удобна электрогониография – непрерывное измерение суставного угла. При сближении или отдалении двух ветвей гониографии (соединенных на оси сустава) изменяется электрическое сопротивление, а изменение тока фиксируется на ленте (пленке) осциллографа. При использовании системы электрогониографов можно получить записи одновременных изменений ряда суставных углов в разных плоскостях (рис.1,а).

Фоторегистрация применяется в виде однократных и многократных экспозиций.

При однократной экспозиции (фото- или кино- аппаратом) получается одиночный фотоснимок (фотография), на котором, например, запечатлены положения, поза человека в данный момент. Если прикрепить к телу (на проекциях центров суставов, в рабочей точке, в рабочей точке, в других выбранных опознавательных точках) светящиеся лампочки накаливания и держать затвор аппарата открытым в течение всего движения, то на негативе получаются непрерывные траектории точек (фотограмма, рис.1,б). В затемненном помещении фотограмма будет более ясной. Вместо лампочек можно использовать маленькие зеркала, отражающие яркий луч света (тогда затемнения не нужно). Фотограмма позволяет зафиксировать проекции траекторий точек на плоскость, перпендикулярную оптической оси объектива аппарата. Но определить, в какой момент времени движущаяся точка была в том или ином пункте траектории, невозможно.

При многократной экспозиции можно получить на одном негативе двойной (тройной и т.д.) фотоснимок (несколько положений). Используя обтюратор (рис.2,а), получают хронофотограмму (рис.2, б, в) – ряд изображений через одинаковые промежутки времени на одной и той же пленке (или пластинке). Если фотографировать человека, оснащенного светящимися лампочками с применением обтюратора, то на негативе получится циклограмма (рис.2, г) – ряд точечных траекторий. Расстояние между точками каждой траектории соответствует перемещению точки за равные промежутки времени. Наконец, прерывая луч света, падающий на объект съемки, можно также получить на одном негативе ряд поз освещенного человека – стробофотограмму. Последний способ позволяет регистрировать позы, как на хронограмме, но с большей частотой (сотни и тысячи герц) при значительной точности временных промежутков.

Нередко применяется двусторонняя циклография (двумя аппаратами). Такие же данные получают при помощи зеркальной циклосъемки – прямые и отраженные траектории (как съемки из двух пунктов).

Кинорегистрация (киносъемка), как известно, производится путем экспозиции на последовательные участки перемещающейся кинопленки (кинокадры). При всех видах киносъемки первичным материалом регистрации является кинопленка (негативная или позитивная). В дальнейшем она может быть использована для демонстрации на экране с применением нормальной, ускоренной или замедленной проекции кинокадров. Ускоренную съемку (рапид) используют для получения ряда характеристик путем более точных измерений и расчетов. На каждом кадре фиксируется лишь одно положение, по которому можно определить позу и координаты точек тела в соответствующий момент. Возможна одновременная киносъемка двумя и тремя киноаппаратами, позволяющая получить изображения проекций движений и поз соответственно на две или три взаимно перпендикулярные плоскости, т.е. получить информацию о перемещении звеньев тела во всех трех измерениях.

Временные характеристики ( момент времени, длитель - ность движения, темп и ритм движений) можно измерять и фиксировать, от - мечая нужные моменты времени и определяя соответствующие его проме - жутки.

Для измерения времени в спортивной практике применяют механиче - ские секундомеры (цена наименьшего деления 0,1 сек). Они дают большие погрешности за счет времени реакции хронометристов при пуске и остановке секундомера. Существуют устройства для автоматического пуска и останов - ки секундомера, значительно снижающие погрешность «реакции». Более точ - ны электросекундомеры, которые, имея малую цену деления (0,01 сек), вклю - чаются и выключаются автоматически. При работе с киноматериалами о про - межутках времени судят по частоте съемки (длительность меж кадрового промежутка времени – величина, обратная частоте). Если частота съемки недостаточно стабильна, то в поле кинокадра снимают точный электросекун - домер.

Для отметки времени на ленте, на которой регистрируют те или иные характеристики, применяют хронографы. Отметки времени можно получить на циклограмме и стробофотограмме (по частоте съемки), а также на осцил - лографической записи.

Пространственно-временные характеристики (ско - рости и ускорения) можно измерять и рассчитывать. Непосредственной реги - страцией скорости пользуются редко. В исследованиях для практических це - лей удобен спидограф В.В.Абалакова: капроновую нить (длиной до 200 м) движущийся спортсмен сматывает с барабана тахометра, который производит запись кривой скорости.

Для регистрации ускорений применяют датчики, позволяющие фикси - ровать ускорение (в одном, двух или трех направлениях). Сигнал от датчика через усилитель поступает на осциллограф.

До последнего времени скорости и ускорения определялись преимуще - ственно расчетным путем по координатам точек и временным интервалам. Непосредственная регистрация скоростей и ускорений в сложных движениях встречает технических трудности, но применяется все успешнее. В настоящее время используют также дифференцирующие устройства, которые одновре - менно с регистрацией перемещений дают запись рассчитанных по ним скоро - стей и ускорений.

Регистрация динамических характеристик может проводиться до или после движений спортсмена (например, определение массы тела, его момента инерции, силы мышц и др.) и во время движений (например, сила взаимодей - ствия с опорой).

Инерционные характеристики (масса, момент инерции) обычно непосредственно не регистрируются. Определяются данные, по ко - торым рассчитывают эти характеристики.

Масса тела (m) определяется взвешиванием. Зная по весу тела его силу тяжести (G) и ускорение свободного падения тела (g), определяют массу:

$$m = \frac{G}{g}$$

Распределение масс в теле в известной мере характеризуется положением его общего центра тяжести (ОЦТ). Применяют опытное (экспериментальное) определение положения ОЦТ и расчетное.

Распределение масс в теле человека характеризуется также моментом инерции относительно избранной оси (см. 21.3). На качелях (рис. 5,а ) или на пружинном вращающемся столбе (рис. 5,б) помещают человека в заданной позе. Определив расстояние ОЦТ его тела до оси вращения придают установке колебательные движения и регистрируют период одного качания. Зная момент инерции самой установки, массу тела человека и период качаний, можно рассчитать момент инерции тела.

Можно либо измерять силовые характеристики, регистрируя силы в течение всего движения, получая текущее их значение, либо измерять и регистрировать максимальные их значения.

Силу действия человека (на определенный объект) можно измерять как при работе групп мышц одного или нескольких суставов, так и при общей совместной работе многих групп мышц (отталкивание, удар боксера и др.). Когда под действием человека деформируется пружина или пластина (платформа), деформация передается на индикатор стрелочного типа с предварительно тарированной шкалой. Показания индикатора можно наблюдать непосредственно, отмечая максимум останавливающейся стрелкой, либо фиксировать фотографированием или киносъемкой, а также передавать на записывающее устройство (динамография).

Для измерения методов силы ряда групп мышц в суставах применяют метод полидинамометрии.

Чтобы сравнивать силу групп мышц у разных людей, определяют отношение так называемой «абсолютной силы группы мышц» к весу спортсмена. Это отношение называют «относительной силой группы мышц». Используется также кистевая и становая динамометрия.

Метод электрической тензометрии основан на изменении электрических свойств датчиков (тензодатчики), наклеенных на деформируемые спортсменом части снарядов (гриф штанги или перекладины, рукоять весла, ручка теннисной ракетки и т.п.) или на измерительные устройства (стальные кольца, пластины и др.). Тензометрические платформы получили широкое распространение для регистрации силы отталкивания в прыжках, ходьбе, метаниях, борьбе и многих других видах спорта.

Метод вектординамографии основан на электротензометрической регистрации взаимно перпендикулярных составляющих деформации платформы (или другого объекта). Электрические сигналы, пропорциональные соответствующим усилиям человека, приложенным к платформе, воздействуют на электронный луч векторэлектрокардиоскопа (ВЭКС-01). На экране

электронный луч оставляет светящийся след в виде кривой, отражающей из - менения обеих составляющих усилий (см. рис. 6, б). После приложения уси - лия делают фотоснимок светящегося экрана (фотовектординамография). По - местив экран так, чтобы он вошел в кинокадр, получают на кинокамере позу спортсмена и положение электронного луча (точки на экране), соответствую - щее величине и направлению приложенных к платформе усилий (киновек - тординамография).

Метод телетензометрии основан на передаче по радио сигнала об уси - лиях, прилагаемых спортсменом к деформируемым элементам (например, к стелькам с тензодатчиками в обуви бегуна, лыжника).

Преимущество тензометрических методов заключается в быстроте по - лучения информации, возможностях векторного изображения суммарных усилий. Недостатком являются большие погрешности, скрадывающие важ - ные особенности тонкого управления движениями.

Электромиография – метод регистрации электрической активности воз - бужденных мышц – применяется для определения начала и окончания мы - шечных усилий и величины их активности, что по сути дела относится к ди - намическим характеристикам.

Электрические потенциалы (тысячные доли вольта) изменяются чрез - вычайно быстро (тысячные доли секунды). Для их регистрации необходимо усилить сигналы в тысячи раз и подать их на безинерционный осциллограф. На фотопленке или бумажной ленте одновременно регистрируются электро - миограммы ряда мышц и отметка времени (обычно до 0,02 сек); предвари - тельно записывается калибровочный сигнал, чтобы при дешифровке записи определить величины биопотенциалов.

По электромиограмме можно определить момент включения мышцы в активное состояние и момент прекращения активности, а по этим данным – длительность активности. Кроме того, с известным приближением можно су - дить о степени активности мышцы, т.е. о величине ее напряжения. Примене - ние портативных усилителей биотоков позволяет записывать активность мно - гих мышц в сложных условиях выполнения упражнений (прыжки с шестом, лыжные ходы, барьерный бег, плавание и др.) при высоких спортивных ре - зультатах.

Проведение любого вида измерений требует выявления погрешностей измерительных устройств. Об этом мы уже с вами говорили в курсе метроло - гии: систематические, случайные, абсолютные, относительные.

Некоторые систематические ошибки можно предусмотреть: внести об - основанные поправки, учесть класс точности измерительного прибора, про - верить измерения той же величины другим методом. Если систематическая ошибка определяющая (больше случайной ошибки метола), то достаточно из - мерить величину один раз. Если определяющей является случайная ошибка, измерение, производят несколько раз и проводят математическую обработку полученных результатов.

Повышение точности измерений в развитии науки приводит к новым открытиям. Так, регистрации характеристик в малых интервалах времени

позволили изучить важные для спортивного результата микрофазы в академической гребле, лыжном и других видах спорта.

Важным звеном, обобщающим многие методы, является биомеханика, анализ, который направлен на решение конкретных задач исследования путем выявления биомеханических закономерностей. В основы анализа положено представление о структурности движений в двигательном действии человека. Исходя из принципа структурности, намечается определенная последовательность описания и объяснения движений. При этом аналитическое выявление состава системы движений сочетается с синтетическим воссозданием ее структуры. Единая последовательность операций вряд ли может быть рекомендована при различных задачах исследования. Однако излагаемый ниже общий логический ход и дальнейшее использование результатов исследования могут служить основой схемы анализа в каждом конкретном случае.

По характеристикам движений судят об их выполнении. Эти характеристики регистрируют, данные регистрации обрабатывают, сопоставляют, анализируют. Поэтому крайне важно правильно выбрать необходимые для изучения характеристики. Здесь учитывают и особенности движений, и реальные возможности их регистрации (наличие аппаратуры, ее соответствие задачам и др.).

Исходя из результатов первичной обработки, составляют план дальнейшего анализа.

Основываясь на изученных характеристиках, определяют элементы движений: а) суставные движения звеньев и систем звеньев (элементарные действия) и б) фазы движений.

Устанавливают, из каких положений и в каких суставах выполняются движения, в каких направлениях, с каким размахом; какова их последовательность и согласованность во времени и пространстве. Иначе говоря, определяют внешнюю картину движений в целом.

Вслед за этим (а часто и одновременно) вычленяют составные части движений звеньев, подготовительные, рабочие и заключительные фазы.

Еще при установлении состава движений (или двигательного состава) стараются уловить взаимные связи и зависимости элементов. Более или менее обстоятельно установив состав, основное внимание переключают на структуру движений.

Рассматривая, как форма и характер движений, их кинематическая структура связана с динамикой, с механизмом движений.

Динамическую структуру выясняют начиная с определения механических условий сохранения положений и выполнения движений. Рассматривают внешнее силовое поле, внешние силы, приложенные к телу спортсмена, и его собственные усилия, проявляющиеся как воздействие на собственные части тела и внешние тела.

Выявление внешней и внутренней динамики – столь важная задача в исследовании движений, что ее нередко выделяют как биодинамический анализ. Конечно, без данных о кинематике движений и без изучения их изменения под действием сил невозможно изучать биодинамику. В биодинамиче -

ском анализе ведущим является рассмотрение взаимосвязей силовых и инер - ционных характеристик и особенно сопоставление действия сил с изменени - ем движений.

Главная задача исследования структуры системы движений – воссозда- ние целостного процесса двигательного действия, выявление объединяющей роли и специфического влияния структурных связей.

Для оценки эффективности устанавливают, насколько успешно решена двигательная задача и какова «стоимость» ее решения, насколько рациональ - на (с учетом закономерностей биомеханики) достигнута цель. Для этого изу - чаются и результат движений, и условия их выполнения, и соответствие дви - жений задаче достижения цели и конкретным возможностям. На этом этапе исследования необходимо широкое сопоставление возможностей человека с их реализацией.

При практическом проведении урока необходима оценка испол - нения физических упражнений. В этих условиях обычно не применяют слож - ных приборов. Однако преподавателю необходимо иметь научно обоснован - ное суждение о качестве исполнения упражнений. Зная основные закономер - ности движений, наблюдая зрительно за движениями, преподаватель прово - дит качественный биомеханический анализ (В.Б. Коренберг). Для этого необ- ходимы отличное знание техники упражнений, опыт наблюдения и оценки, наличие хорошо продуманного плана наблюдений, способность быстро и точ- но замечать детали исполнения упражнений, умение дать ему (опираясь на знание основных положений и законов биомеханики) педагогическую оцен - ку.

В процессе изучения курса «Биомеханика двигательной деятельности» будут проводиться различные экспериментальные и научные исследования, выполняться лабораторные, расчетно-графические и контрольные работы, индивидуальные задания с помощью различных методов. Будем знакомиться с учебной, научно-методической и научной литературой. Учиться собирать и обрабатывать полученную информацию по различным проблемам, актуаль - ным вопросам и направлениям современной науки биомеханики.

**Литература.**

1. Бернштейн Н.А. Биомеханика и физиология движений. Избр. психол. труды. М. ; Воронеж, 1997.

2. . Бернштейн Н.А. Избранные труды по биомеханике и кибернетике. М., 2001.

3. Донской Д.Д. Биомеханика с основами спортивной техники . - М. ФиС, 1971 - 288 с.

4. Донской Д.Д., Зациорский В.М. Биомеханика. - М. ФиС, 1979 - 264 с.

5. Зациорский В. М., Аруин А. С, Селуянов В. Н. Биомеханика двигатель ного аппарата человека. – М.: Физкультура и спорт, 1981. – 143 с.

6.Коренберг, В. Б. Лекции по спортивной биомеханике (с элементами кинезиологии) : [учеб. пособие] / В. Б. Коренберг .- М. : Советский спорт, 2011. -2006с.

7. Назаров В.Т. Движения спортсмена. – Мн.: Полымя, 1984. – 176 с.

**8.**Овчинников Ю.Д. Биомеханика двигательной деятельности [Текст]: учебное пособие /Ю.Д. Овчинников.- Краснодар: КГУФКСТ.2014-265с.

9.Овчинников Ю.Д. Биомеханика двигательной деятельности. Лабора - торный практикум.Учебное пособие// (Saarbrücken)Германия,2014.77с.

10.Попов Г.И. Биомеханика двигательной деятельности.[ учеб. для студ. учреждений высш. проф. образования]/Г.И. Попов, А.В. Самсо нова.- М.: Издательский центр «Академия»,2011.-320с.