

Тема № 1

Предмет и история биомеханики

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

Любой тренер должен разбираться в биологии, точнее в ее разделе анатомии, чтобы правильно представлять себе внутреннее строение атлета, работу его мышечного аппарата и, если возникнет необходимость, локализацию того или иного заболевшего органа (рис. 1).



Для работы мышц нужна энергия. Ей можно взяться только за счет химических процессов, протекающих в организме спортсмена во время выполнения упражнений. Чтобы яснее представлять преобладание аэробных или анаэробных процессов для конкретных видов спорта необходимо знание биохимии (рис. 2).



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

Любой вид спорта сопряжен с преодолением спортсменом сил трения, тяготения и других сил физической природы. Чтобы свести к минимуму паразитную или вредную часть этих сил тренер должен разбираться в физике. Кроме того, движение крови в организме также подчиняется физическим законам (рис. 3).



При изучении характера таких движений и возникла наука, которую принято называть **биомеханика**.



Термин **биомеханика** составлен из двух греческих слов: **bios** – жизнь и **mechanike** – наука о машинах. Эта наука характеризуется применением основных принципов механики, т.е. науки о механических движениях материальных тел и взаимодействиях, происходящих при этом между ними, к живым организмам. Область исследований, связанная с применением механических и биомеханических закономерностей применительно к спорту, стала

называться спортивная биомеханика (рис. 4) в отличие от других разделов биомеханики, которые имеют скорее медицинское применение.



Все виды спорта тесно связаны с движением тел. В некоторых видах основным движущим объектом является сам спортсмен, в котором сочетаются различные формы перемещающихся объектов, как, например, кости и мышцы. Спринтерский бег и прыжки в высоту, например, являются теми видами спорта, в которых спортсмену необходимо как можно быстрее перемещаться или как можно выше прыгнуть (рис. 5).

Однако в приведенном примере мы сталкиваемся и с перемещением других предметов, таких как обувь спортсмена или его одежда (рис. 6).



В некоторых видах спорта самое главное заставить перемещаться с максимальной скоростью на возможно дальнейшее расстояние или же с максимальной скоростью не тело спортсмена, а другие предметы (снаряды – диск, ядро, мяч – рис. 7). В спорте используется большое разнообразие таких предметов, для каждого из которых характерны свои типовые, количественные и конструкторские характеристики. В разных видах спорта, например, встречается много типов мячей.



В одних видах предметы перемещаются не непосредственно, а при помощи различных приспособлений, например при помощи бейсбольной биты, теннисной ракетки или винтовки. В других же видах спорта спортсмену самому требуется приводить в движение и управлять

предметами, являющимися специальными атрибутами в конкретном виде спорта (например, велосипед или яхта – рис. 8,9).



Сила способна вызвать или остановить движение. Энергетические системы обеспечивают превращение химической энергии в механическую, что проявляется в развитии мышцами сократительной активности и, как следствие, – проявлении силы. Во всех видах спорта кто-то (или что-то) может препятствовать поставленной цели. Спорт не может



существовать без соревнований, в связи с чем всегда присутствуют факторы, требующие их преодоления. В некоторых видах спорта эти факторы не связаны с непосредственным контактом с соперником. Однако в



других видах, таких как силовые единоборства, такой контакт имеет прямое отношение к взаимодействию сил (рис. 10, 11).

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

Перемещающаяся окружающая среда (вода, воздух) может способствовать повышению показателей спортивной работоспособности (при сопутствующем потоке воздуха или воды). Поэтому, например, рекордные результаты в беге на короткие дистанции или в прыжках в длину фиксируются только при скорости попутного ветра не более 2 м/с. В некоторых видах спорта такие потоки служат основным фактором, на котором базируется тренировочная и соревновательная деятельность. Прыгуны на лыжах и горнолыжники тесно зависимы от гравитационных сил и потоков воздуха, а вот яхтсмены – от течения воды, от ветра и создаваемых им волн (рис. 12).



Как правило, внешние силы сопротивления препятствуют достижению успеха в спорте. Так прыгуны в высоту и с шестом, по существу, соревнуются с гравитацией. Горнолыжник испытывает значительное сопротивление встречному потоку воздуха, тогда как пловец-спринтер должен преодолеть значительное сопротивление воды (рис. 13). Существенно повлиять на спортивный результат могут и силы

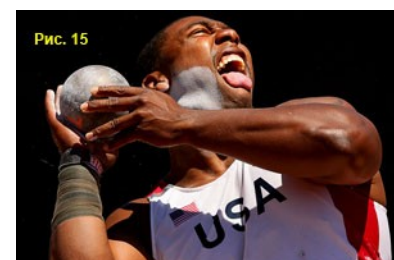
трения, как в случае ухудшения скольжения лыж при таянии снега.

Поэтому в видах спорта, где результат во многом зависит от воздействия внешних сил на движение, как, например, в парусном спорте, некоторые исследователи акцентируют свое внимание на путях повышения эффективности использования этих сил (например, путем улучшения конструкции яхты – рис. 14). Однако чаще изучаются возможности снижения сопротивления воды, воздуха, сил гравитации и трения.



Немного подробнее затронем каждую из внешних сил.

Наиболее значительная сила, действующая на нас, – это сила земного притяжения. Величина этой силы зависит, в основном, от двух факторов. Первый – это расстояние от тела до центра Земли. Чем ближе к центру, тем сила притяжения больше. Следовательно, на значительной высоте над уровнем моря и на определенных географических широтах спортивные результаты в отдельных видах спорта могут быть улучшены просто из-за меньшей силы тяготения (рис. 15).



Второй фактор – масса тела, включая одежду (рис. 16). С увеличением массы возрастает и гравитационная сила, поэтому для ее преодоления необходимо развивать большее усилие.



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

Однако некоторые внешние факторы могут повлиять на плотность этих сред. На значительных высотах над уровнем моря плотность воздуха намного меньше, а значит его сопротивление движению также меньше. Поскольку с высотой снижается и сила тяготения, то такое сочетание способствует улучшению спортивных результатов. Наглядный пример – рекорд Боба Бимона в прыжках в длину на Олимпийских играх 1968 года в Мехико. Мехико расположен на высоте 2 300 метров над уровнем моря.

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

Сопротивление окружающей среды приобретает особое значение для спортсменов, которые перемещаются с высокой скоростью (рис. 17). Сопротивление воздуха и воды возрастает не прямо пропорционально увеличению скорости движения спортсмена, а пропорционально квадрату скорости. Таким образом, при увеличении скорости бега в два раза с 5 м/с до 10 м/с сопротивление воздуха возрастет в 4 раза. Это не означает, что спортсмену необходимо увеличить общую энергопродукцию в 4 раза, а следует иметь в виду, что возрастающая часть вырабатываемой организмом энергии будет расходоваться на преодоление растущего сопротивления воздуха. Хотя количество этой энергии и незначительно при умеренной скорости бега, однако при высоких спринтерских скоростях, как, например, в велосипедном спорте или скоростном беге на коньках, этот фактор приобретает чрезвычайно важное значение.



Рис. 17

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

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

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

препятствующее движению спортсмена и велосипеда, но и сопротивление сил трения между деталями самого велосипеда и между колесом и поверхностью дороги.

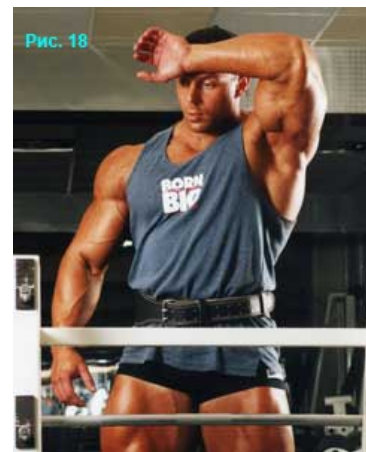
Сила трения зависит, главным образом, от двух факторов. Одним из них является масса одного предмета, приложенного к поверхности другого. При этом, чем больше масса (а точнее физически – вес), тем выше сила трения.

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

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

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

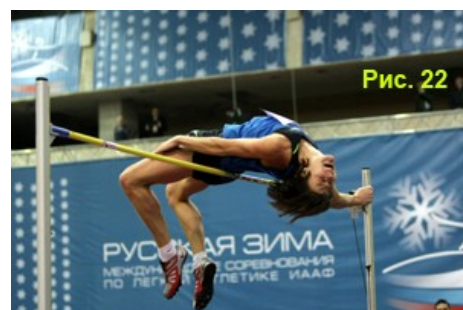
Теоретически, существуют два основных способа повышения спортивной работоспособности за счет модификации биомеханических характеристик организма спортсмена. Во-первых, этого можно добиться за счет эффективного использования силы более совершенным способом. Спортсмен может обладать высокоразвитыми физиологическими системами, но если вырабатываемая в его организме энергия используется малоэффективно, то и уровень проявления спортивной работоспособности также окажется невысоким (рис. 18). Можно обладать высокой мощностью лактатной энергетической системы, которая позволяет достигнуть превосходных результатов в плавании, однако если человек не умеет плавать, то вся эта его энергия будет потрачена только на то, чтобы не утонуть.



Второй способ улучшения спортивной работоспособности заключается в придании телу спортсмена такого положения, которой бы максимально способствовало снижению сопротивления воздуха или воды, препятствующих движению. Совершенствование положения тела пловца в воде в различные фазы гребка может уменьшить сопротивление воды. Уменьшение массы тела снижает влияние гравитации, что может благоприятно отразиться на показателях спортивной работоспособности в таком виде спорта, как спортивная гимнастика, где спортсмену приходится постоянно удерживать или преодолевать свой вес. Увеличение же массы тела способствует возрастанию сил трения и гравитации, а это важно в таком виде спорта как борьба сумо (рис. 19).



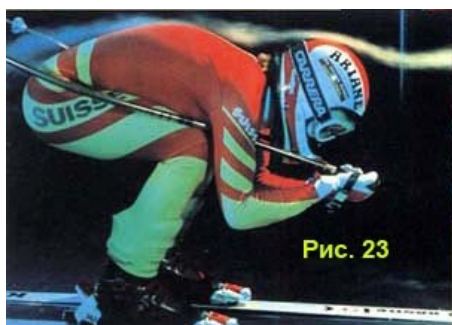
Одним из главных направлений в современных биомеханических исследованиях является разработка особой спортивной техники для того, чтобы вырабатываемая спортсменом энергия наиболее эффективно трансформировалась в его двигательную функцию. Простые примеры такого развития: переход от высокого к низкому старту при



спринтерском беге (рис. 20), смена двухударного кроля на шестиударный (рис. 21), прыжок в высоту «флоп» вместо «перекидного» (рис. 22).

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

В зависимости от вида спорта результаты исследований, проведенных с использованием аэродинамической трубы (рис. 23, 24), моделирующей движение в



заданном потоке воздуха, свидетельствуют о том, что положение или площадь поверхности тела может способствовать снижению сопротивления движению. В высокоскоростных видах спорта, таких как велосипедный спорт, скоростной бег на коньках,



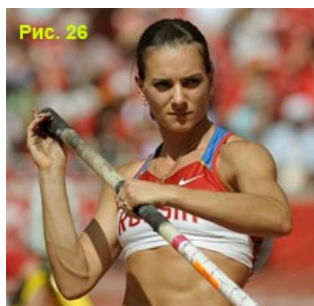
скоростной спуск на лыжах и бобслей, выбор обтекаемого потоком воздуха оптимального положения спортсмена может значительно уменьшить сопротивление. В некоторых видах спорта спортсмены стараются придать своему телу изогнутую форму, аналогичную падающей капле. Такая конфигурация сводит к минимуму площадь поверхности, подставленную ветру, вследствие чего поток воздуха плавно огибает поверхность тела спортсмена и встречное сопротивление воздуха при этом снижается.

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

Эксперименты показывают, что сопротивление воздуха можно снизить и другими способами, применение которых в некоторых видах спорта может оказаться довольно эффективным. При езде на высокой скорости велосипедист, едущий за спиной ведущего спортсмена, может развивать на 30% меньше мощности, чем идущий впереди, который принимает главный удар воздушного потока на себя (рис. 25). Результаты исследований свидетельствуют о том, тактика за спиной ведущего может создавать определенное преимущество и в беге, в частности



при беге по шоссе против ветра. В среднем при таком беге для преодоления сопротивления воздуха требуется около 6-7% общих энергозатрат, однако сильный встречный ветер может значительно их увеличить. В таком случае спортсмен, находящийся позади или в середине многочисленной группы бегунов, пребывает в более благоприятных условиях, поскольку будет испытывать меньшее сопротивление воздуха.



Помимо технических аспектов как уже говорилось немалую роль играет масса и строение тела. Организм человека состоит из различных тканей, но с точки зрения биомеханики рассматриваются только два основных компонента – жировая и обезжиренная масса. Большая часть обезжиренного компонента представлена мышечной массой (рис. 26), которая приблизительно на 70% состоит из воды.

Таким образом, воду можно рассматривать как третий компонент, определяющий массу тела.

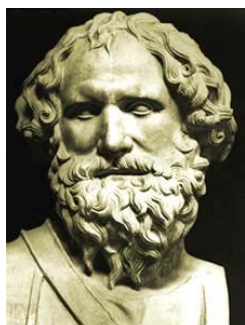
Хотя результаты научных исследований и не выявили какой-то особой специфичности процентного соотношения жира и обезжиренной массы, идеального для конкретного вида спорта, все же накоплено достаточное количество данных для того, чтобы можно было сделать некоторые обобщенные выводы. Научные компоненты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

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

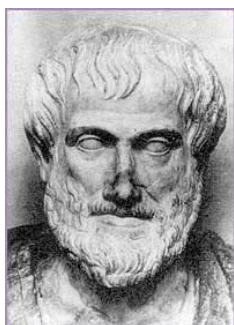
Однако, резкий сгон веса может привести к выраженному снижению спортивной работоспособности, особенно в видах, требующих выносливости. При этом уменьшается масса жирового компонента и заметно снижается мышечная масса. Следовательно, и в тех видах спорта, в которых ведущими двигательными качествами являются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

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

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



Архимед



Аристотель



Демокрит

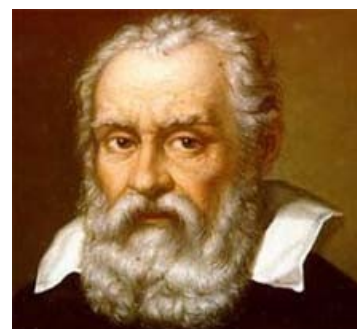
Основы биомеханики были заложены еще в далекой древности. Архимед вывел свой закон о равновесии плавающих тел, Аристотель и Демокрит пытались объяснить органическую жизнь с точки зрения атомизма. Эти исследования относятся к III-IV векам до н.э.

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



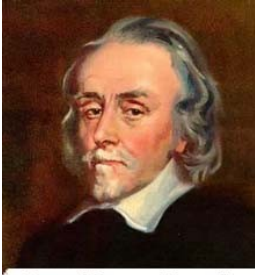
Леонардо да Винчи

закладывает основы механики, а Гарвей объясняет механизм кровообращения в организме животного и человека. Эти исследования стали источником идей сравнения живого организма с машинами, работающими по законам механики. В конце XVI века Гук формулирует закон механики о зависимости между деформацией и напряжением идеально-упругого тела, который лег в основу биомеханического



Галилео Галилей

объяснения работы мышц. В 1679 году века Джованни Борелли выпускает первую книгу



Генри Уильям Гарвей

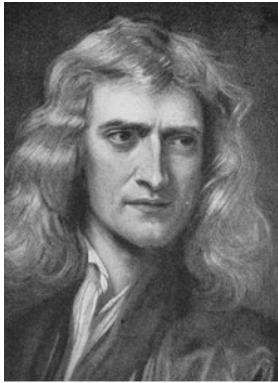


Роберт Гук

по биомеханике «О движениях животных». Открытие Ньютоном трех основных законов механики завершило формирование базиса для биомеханических исследований. Дальнейшее развитие биомеханики пошло по нескольким направлениям, среди которых, помимо спортивной биомеханики, можно выделить:



Джованни Альфонсо Борелли



Исаак Ньютон

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

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



Вопросы к теме №1¹

1. Зачем нужно разбираться в биологии?
2. Для чего необходимо знание биохимии?
3. Почему обучение психологии является обязательным компонентом?
4. Зачем нужно разбираться в физике?
5. Откуда возникла биомеханика?
6. Из чего состоит термин «биомеханика»?
7. Чем характеризуется эта наука?
8. Каковы особенности спортивной биомеханики?
9. Как виды спорта связаны с движением тел? Приведите примеры.
10. Приведите примеры видов спорта, в которых самым главным является заставить перемещаться с максимальной скоростью и/или на возможно дальнее расстояние.
11. Приведите примеры видов спорта, в которых спортсмену самому требуется приводить в движение и управлять предметами.
12. Приведите примеры видов спорта, когда преодоление чего-то не связано с непосредственным контактом с соперником.
13. Приведите примеры видов спорта, когда преодоление чего-то связано с непосредственным контактом с соперником
14. Приведите примеры внешних естественных сопротивлений, препятствующих выполнению движений спортсмена.
15. Приведите примеры, когда внешние факторы влияют на результаты спортивных достижений.
16. Охарактеризуйте силу земного притяжения и массу.
17. Охарактеризуйте сопротивление жидкой и газообразной среды.
18. Как сопротивление среды влияет на спортсменов, перемещающихся с большой скоростью?
19. Какое значение имеет торможение в спорте?

¹ В личной рабочей тетради студента должны быть письменные ответы

20. Какое значение имеет сила трения в спорте?
21. Назовите и коротко опишите два основных способа повышения спортивной работоспособности.
22. Что является одним из главных направлений в современных биомеханических исследованиях?
23. Как площадь поверхности тела может способствовать снижению сопротивления движению?
24. Как влияет соотношение жира и обезжиренной массы на спортивные результаты?
25. К какому времени относится зарождение биомеханики?
26. Чем особенным выделяются средние века в связи с развитием биомеханики?
27. Каково значение открытий Ньютона?
28. Назовите направления биомеханики (кроме спортивной).