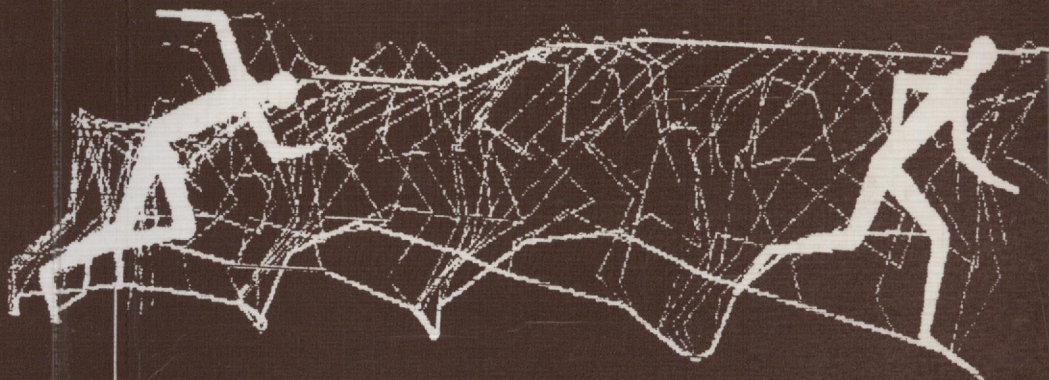


# Практическая БИОМЕХАНИКА



Киев  
2000

**А.Н. Лапутин, В.В. Гамалий, А.А. Архипов,  
В.А. Кашуба, Н.А. Носко, Т.А. Хабинец**

# **ПРАКТИЧЕСКАЯ БИОМЕХАНИКА**

*Под общей редакцией доктора биологических наук, профессора, Заслуженного деятеля науки и техники Украины Лапутина А.Н.*



**Видавництво**

**Науковий світ**

**2000**



## СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие.....	6
I. Предмет и задачи биомеханики как науки.....	9
II. Биомеханический анализ.....	12
III. Основы биометрии.....	44
IV. Аппаратурные комплексы и измерительные системы, используемые в биомеханике.....	66
V. Биомеханическая классификация опорно-двигательного аппарата.....	103
VI. Измерение геометрии масс тела человека.....	116
VII. Измерение биокинематических характеристик.....	136
VIII. Биостатика тела человека.....	175
IX. Измерение биодинамических характеристик.....	187
X. Моделирование движений и проектирование наиболее эффективных способов решения двигательных задач.....	217
XI. Краткий толковый словарь основных терминов, применяемых в биомеханике.....	268
XII. Приложения.....	282

## I. ПРЕДМЕТ И ЗАДАЧИ БИОМЕХАНИКИ КАК НАУКИ

В широком научном плане биомеханика изучает пространственные движения биологических макро- и микрообъектов. Несмотря на то, что биомеханика изучает преимущественно механические формы движения, она не может не учитывать биологические (прежде всего анатомические и физиологические) особенности движущегося объекта (человека или животного). Биомеханика подразделяется на общую и частную. Общая биомеханика биологических объектов (в частности, человека) изучает общие закономерности устройства их двигательных систем, органов и их движений. Частная биомеханика имеет практическое направление, например, на обеспечение конкретной области двигательной деятельности человека (биомеханика трудовых процессов, эргономическая биомеханика, медицинская и клиническая биомеханика, биомеханика военного дела и космонавтики, биомеханика двигательной реабилитации и кинезиотерапии, биомеханика физического воспитания и спорта и т. д.).

В существующей современной системе научного знания биомеханике отводится весьма важное место. Специалисты сегодня относят ее к наиболее значимым наукам XXI века. С этой точки зрения биомеханика - область естественных наук, изучающая на основе идей и методов механики физические свойства биологических объектов, закономерности их адаптации к окружающей среде, поведение (обучение) и механические движения в них на всех уровнях организации и в различных состояниях (включая периоды развития и увядания, а также при патологиях).

Задачей биомеханики является применение результатов подобных исследований для дальнейшего развития биологии, физики (механики), профессиональной двигательной дидактики (педагогике), эргономики, психомоторики, медицины, физической культуры и спорта.

Биомеханика используется для целей медицинской диагностики, создания заменителей тканей и органов, для разработки методов и средств (в том числе тренажеров), предназначенных для решения человеком сложных двигательных задач, а также методов влияния на процессы в живых объектах, для создания методов анализа и коррекции естественных, профессиональных (трудовых) и спортивных движений с целью познания двигательных возможностей человека и обеспечения оптимальных условий эффективного функционирования «человеко-машинных» систем, при разработке методов защиты человека от неблагоприятных воздействий механических факторов внешней среды при его



## II. БИОМЕХАНИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

Для решения ряда конкретных задач в биомеханике используются разнообразные методы. Однако к настоящему времени в биомеханике как синтетической науке сформировался собственный специфический биомеханический метод исследования в основе которого лежит биомеханический анализ.

Практически без предварительного биомеханического анализа сегодня не возможно разработать ни одну сколько-нибудь эффективную программу подготовки человека к решению каких-либо координационно сложных двигательных задач. При изучении движений человека с таких позиций его тело часто условно принимают за так называемую материальную точку. Это допустимо только тогда, когда его размеры настолько малы по сравнению с расстоянием, на которое оно перемещается, что ими можно пренебречь. В тех случаях, когда из каких-либо практических соображений размерами тела пренебречь невозможно, за материальные точки принимают отдельные его части, звенья и рассматривают все тело как систему материальных точек. Если расстояние между отдельными точками системы не изменяется, то ее называют неизменяемой материальной системой или абсолютно твердым телом. Абсолютно твердых тел в природе не существует; деформации присущи всем без исключения материальным телам, в которых имеются относительные молекулярные движения. Однако многие деформации, в том числе и в теле человека, настолько малы, что при изучении его движений ими можно пренебречь.

Все движения человека происходят во времени и в пространстве. Время принимается одинаковым в любой точке пространства, в любой системе отсчета. Под пространством, в котором движется тело человека, понимается евклидово трехмерное пространство. При этом считается, что масса тела (количественная мера инерции его тела) остается все время неизменной и не зависит от движения.

Для объективного познания закономерностей выполнения движений широко используются различные биомеханические методы исследования, разработанные в соответствии с современными научными взглядами на их природу, отражающие специфику биомеханики и ее основные принципиальные методические положения.

Биомеханический анализ представляет собой один из способов изучения двигательной деятельности человека. Это эффективный логи-

## IX. ИЗМЕРЕНИЕ БИОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК

### 9.1. Определение моментов инерции биоизвеньев и всего тела человека относительно осей вращения по биокинематической схеме физического упражнения

В процессе занятий физическими упражнениями человек выполняет большое количество вращательных движений. Например, во время выполнения большого оборота на перекладине, сальто, всевозможных пируэтов, переворотов и т. д. он вращает свое тело вокруг определенных осей. Спортсмен может быть связан жестко с этими осями, как, например, при различных оборотах на перекладине, или же свободно вращаться без видимого закрепления (все вращательные движения тела в безопорном положении происходят относительно условной оси вращения, проходящей через ОЦМ тела).

Кроме того, по какой бы траектории не перемещалось тело человека, отдельные его биоизвенья совершают близкие к вращательным движениям вокруг осей, проходящих через центры вращения соответствующих суставов.

Для создания вращательного движения всего тела или отдельного биоизвена необходимо действие так называемой пары сил, направленных в разные стороны и не лежащих на одной прямой. Такие силы образуют вращательные моменты сил, которые в каждом случае измеряются произведением модуля силы на плечо ее приложения:

$$M_F = F \cdot d,$$

9.1.1.

где:  $M_F$  — момент силы  $F$ ;  $F$  — сила;  $d$  — ее плечо (кратчайшее расстояние от линии направления вектора действия силы до оси вращения).

Если вращательные моменты сил порождают вращение, то моменты инерции тормозят его.

Момент инерции тела спортсмена или его биоизвена относительно оси вращения определяет меру его инертности при вращательном движении вокруг этой же оси. Величина момента инерции ( $I = m r^2$ ) зависит от геометрического распределения массы ( $m$ ) однородного тела по отношению к оси вращения: чем больше расстояние центра массы от оси, тем тяжелее привести тело во вращательное движение.

При вращательных движениях тела человека ЦМ его отдельных



щие перспективы повышения эффективности и интенсивности дидактического процесса. Благодаря этому сегодня может кардинально измениться не только методология, но и конкретная технология формирования заданных систем движений в совершенствовании сложных двигательных навыков в спортивной тренировке.

Наиболее продуктивно результаты настоящих исследований, по нашему мнению, можно использовать в подготовке спортсменов высокой квалификации. При таком подходе она приобретает более системный, интегральный характер. Прежде всего, это относится к проблемам построения и организации технической подготовки спортсменов. В настоящее время данный вид подготовки выступает как стержневой системообразующий элемент многогранной структуры дидактического процесса в спорте, а биомеханические характеристики спортивной техники играют роль ведущих управляющих переменных параметров в системе управления этим процессом. Они фактически служат рычагом, посредством которого тренер может управлять технической подготовкой, воздействовать не только на исполнительные органы, но и на системы, обслуживающие аппарат движений. Развитие функциональных возможностей организма спортсменов в таких условиях не только эффективно стимулируется, но и строго лимитируется проявлением тех или иных биомеханических характеристик двигательных заданий в тренировочном процессе. В ходе технической подготовки спортсмены обучаются не механическим движениям, а двигательным действиям, реализация которых невозможна без активного участия сознания. Следовательно, у тренера появляются дополнительные возможности эффективно управлять и сферой психологической подготовки атлетов через направленное формирование определенных биомеханических структур техники. Это позволяет в системном единстве объединять в дидактическом процессе традиционно обособленные физическую, техническую, психологическую и другие виды подготовки. Таковы в общих чертах отличительные особенности и перспективы стратегии интегральной подготовки спортсменов высокой квалификации.

#### *Список использованной и рекомендуемой литературы:*

1. Бернштейн Н.А. О построении движений.- М.: Медиздат, 1947.- 436с.
2. Бернштейн Н.А. Зависимость между скоростью, углом вылета, силой толчка и дальностью полета при прыжках в длину с разбега // Исследования по биодинамике ходьбы, бега, прыжка. — М.: Физкультура и спорт, 1940. — С. 284-288.
3. Венецкий И.Г., Венецкая В.И. Основные математико-статистические



- понятия и формулы в экономическом анализе. – М.: Статистика.- 448 с.
4. Гагин Ю.А., Кичайкина Н.Б., Погосян Л.Г. Методические указания по выполнению расчетно-аналитических работ по биомеханике. Часть IV. Ленинград, 1976. ГЦОЛИФК им. П.Ф. Лесгафта. С. 34-49.
  5. Гросс Х.Х. Педагогическая кинезиология – новое направление в спортивной педагогике и биомеханике //Теория и практика физической культуры. – М.: - 1979. - №9. – С. 7-10.
  6. Иванов В.В. Комплексный контроль в подготовке спортсменов. - М.: Физкультура и спорт, 1987. - 256 с.
  7. Иванов В.В., Семенов Г.П., Чиженков И.П. и др. Проблемы и пути научно-технического перевооружения спортивной науки и практики //Теория и практика физической культуры. - 1989. - № 8, с 13-18.
  8. Лапутин А.Н. О некоторых новых биомеханических методах пространственного анализа движений человека //Биомеханика и техника отдельных видов спорта. - К., 1978, с 36-59.
  9. Лапутин А.Н. Программно-целевой подход в управлении двигательным совершенствованием на основе биомеханических средств АСУ //Оптимизация управления процессом совершенствования технического мастерства спортсменов высшей квалификации. – К.: КГИФК, 1979. – С.13-28.
  10. Лапутин А.Н. Обучение спортивным движениям. – К.: - Здоров'я, 1986.- 214 с.
  11. Лапутин А.Н. Дидактическая биомеханика: проблемы и решения //Наука в олимпийском спорте. - №2(3).- К.: - 1995.- С.42-51.
  12. Лапутин А.Н., Архипов А.А., Р. Лайуни, Носко Н.А., Бобровник В.И., Зубрилов Р.А., Ратов А.М., Хмельницкая И.В., Полищук Т.А.. Моделирование спортивной техники и видеокомпьютерный контроль в технической подготовке спортсменов высшей квалификации //Наука в Олимпийском спорте. – Киев.- 1999, спец.выпуск, с.102-109.
  13. Лапутин А.Н., Бобровник В.И. Олимпийскому спорту – высокие технологии. // Киев. – Знання, 1999, 163 с.
  14. Лапутин А.Н. Гравитационная тренировка. //Знання – Киев.- 1999, - 253с.
  15. Лапутин А.Н. Устройство для управления двигательными функциями спортсмена в процессе обучения. Авт. свидетельство СССР №786987 от 14.08.1980 г.
  16. Лапутин А.Н., Носко Н.А., Бобровник В.И., Хмельницкая И.В. Видеокомпьютерный анализ техники физических упражнений. У зб.: “Фізична підготовленість та здоров'я населення”. Міжн. наук.