**Лекція 1**

**🕮 Тема 1. Загальна біомеханіка. Вступ до біомеханіки фізичних вправ**

**Мета лекційного заняття:** ознайомитися з предметом і завданнями біомеханіки; засвоїти основні напрями біомеханіки; розглянути структуру аналізу рухової діяльності; з’ясувати особливості функціонального та системно-структурного підходів до вивчення рухової діяльності .

*План*

1.  Поняття про біомеханіку. Предмет і завдання біомеханіки.

2.  Історія розвитку біомеханіки.

3.  Основні напрями біомеханіки: загальна, диференціальна та прикладна.

4.  Структура аналізу рухової діяльності (структура біомеханічного аналізу).

5.  Функціональний та системно-структурний підходи до вивчення рухової діяльності.

**🖉Ключові терміни та поняття:** *біомеханіка, біомеханіка фізичних вправ, рухові дії, фізичні вправи, загальна біомеханіка. диференціальна біомеханіка, прикладна біомеханіка, біомеханічний аналіз, біомеханічні характеристики, оптимізація, критерії оптимальності, економічність, механічна продуктивність, точність рухових дій, естетичність, комфортабельність, безпечність, функціональний підхід. системно-структурний підхід.*

**1. Поняття про біомеханіку. Предмет і завдання біомеханіки.** Термін біомеханіка утворений шляхом складання двох грецьких слів: *bios* – життя і *mехаnе* – знаряддя. Як відомо, механіка – це розділ фізики, що вивчає механічний рух і механічну взаємодію матеріальних тіл. Звідси зрозуміло, що

Біомеханіка – це розділ науки, що вивчає рухові можливості й рухову діяльність живих істот.

*Біомеханіка фізичних вправ вивчає рухові дії людини у процесі виконання фізичних вправ; рухову діяльність людини під час спортивних тренувань і змагань та в процесі занять масовими й оздоровчими формами фізичної культури, у тому числі на уроках фізичної культури в школі.*

**Основними завданнями біомеханіки є: вивчення об’єктивних закономірностей і вдосконалення рухової функції людини; оптимізація рухової діяльності людини на основі вимірювання та контролю її кількісних характеристик та розробки критеріїв ефективного управління станом її рухової функції тощо.**

**2. Історія розвитку біомеханіки.** Біомеханіка як єдина система знань сформувалася порівняно недавно, проте рухи людини та тварин завжди привертали до себе посилену увагу. Ще Аристотель (384-322 pp. до н.е.), Клавдій Гален (130-201 pp. н.е.) та Авіценна (980-1037рр. н.е.) спостерігали за рухами **наземних** тварин і людини й по-своєму описували та аналізували їх. Окрім того, основи наших знань про рухи у **воді** закладені Архімедом (287-212 р. до н. е.).

Суттєво вплинули на становлення біомеханіки як науки видатні мислителі минулого: римський лікар Гален (131-201 р.), Леонардо да Вінчі (1452-1519 р.), Мікеланджело (1475-1564 р.), Галілео Галілей (1564-1642 р.), Ісаак Ньютон (1642-1727 р.). Так, Леонардо да Вінчі (1452-1519 pp.) перший звернув увагу на особливу роль механіки у вивченні рухів. Він, зокрема, писав: «Наука механіка тому є кориснішою за всі інші науки, що, як виявляється, всі живі тіла, які мають здатність до руху, діють за її законами». На єдність законів механіки для всіх тіл у природі, включаючи тіла тварин і людини, вказував також Галілео Галілей (1638 p.), який помітив, що зміни форми та внутрішньої структури тіла тварини обов'язково відбуваються через зміни його розмірів.

Новітня історія біомеханіки починається з видатної праці італійського лікаря й математика Джовані Альфонсо Бореллі (1608-1679 pp.) «Про локомоції тварин». У ній подано відомості про центр тяжіння тіла людини й першу класифікацію локомоторних рухів як активних переміщень тварин у просторі. Ісаак Ньютон вважав Бореллі своїм попередником у вченні про всесвітнє тяжіння. Сьогодні ми з повним правом можемо вважати Бореллі засновником сучасної біомеханіки. Значно пізніше, на початку XIX ст., німецькі біологи брати Едуард та Вільгельм Вебери на досить сучасному для свого часу рівні продовжили вивчення положення центра тяжіння в тілі людини, біомеханіки ходьби, бігу, стрибків та інших локомоцій. Уже наприкінці XIX ст. їх співвітчизники Вільгельм Браун та Отто Фішер удосконалили ряд методів вимірювань біомеханічних характеристик рухів та суттєво доповнили ці дослідження.

Значний внесок у розвиток біомеханіки як науки зробив видат­ний французький дослідник Етьєн-Жюль Марей (1830—1904 pp.). Працюючи укупі з відомим педагогом, автором одного з найфундаментальніших теоретичних та практичних курсів фізичного виховання Жоржем Демені, він винайшов хронофотографію, котру використав для вивчення рухів тварин та людини. У подальшому Марей її удосконалив, що привело до появи у біомеханіці нового кінематографічного методу дослідження.

Велику роль у розумінні єдності структури та функцій органів опори й руху людини відіграли праці І. М. Сеченова та П. Ф. Лесгафта. Кожний з цих видатних дослідників зробив вагомий внесок у сучасне розуміння біомеханіки як науки. У 1874 р. вийшла друком відома праця Лесгафта «Основи природної гімнастики», яка стала основою курсу «Теорія тілесних рухів», де він встановив так звану абетку рухів тіла людини. У 1901 р. побачила світ монографія «Нарис робочих рухів людини», у якій викладено основні положення біомеханіки трудової рухової діяльності людини.

Важливими віхами в розвитку біомеханіки стали праці відомого анатома-функціоналіста М. Ф. Іваницького, який у 1928 р. видав «Записки з динамічної анатомії», а в 1938 р. опублікував монографію «Рухи тіла людини».

Таким чином, у першій половині XX ст. біомеханіка вже являла собою досить чітку систему знань, у якій, однак, усе ще досить виразно та дещо відособлено виділялися морфологічні, фізіологічні та інструментально-технічні напрями. При цьому останній домінував у працях західноєвропейських фахівців, які активно працювали в галузі вдосконалення методів вимірювання рухів людини. До кінця XX ст. цей напрям досяг надзвичайно високого рівня розвитку. Він не тільки ввібрав у себе майже весь величезний потенціал сучасних технологій, але й сам по собі значною мірою стимулював розвиток цілих галузей виробництва найсучаснішої вимірювальної апаратури. Це явище можна віднести до безсумнівних успіхів біомеханіки як системи знань про живі системи, що відкриває серйозні перспективи розвитку методів їх моделювання у технологіях майбутнього. Однак, аналізуючи стратегію розвитку інструментально-технічного напряму біомеханіки, неможливо не помітити деяку його обмеженість. Вона, зокрема, виявляється у тому, що фахівці, які працюють у цій галузі, досягаючи найвищої точності вимірювання рухів за допомогою сконструйованих ними технічних засобів, фактично тим самим часто ігнорують біологічну сутність вимірюваних живих об'єктів. Отже, максимально точне вимірювання потребує значних ресурсів. У багатьох випадках це перетворюється на самоціль, але при її досягненні втрачається змістовна структура рухів людини, які вивчаються. Як відомо, кожному рівню точності вимірювань відповідає свій, цілком певний, притаманний тільки йому рівень організації рухів кожної живої системи. До цього можна додати, що представники цього напряму результати своїх вимірювальних дослідів навіть не акцентують на розв'язанні будь-яких суто біомеханічних проблем, фактично ігноруючи біомеханічну феноменологію, що розглядає рухи людини в їх взаємозв'язку з усіма іншими, включаючи психофізичні особливості її організму.

На цьому тлі вигідно вирізняються оригінальні праці видатного біомеханіка XX ст. М.О. Бернштейна, причому насамперед тим, що рухи людини представлені не як суто фізичні, механічні явища, а як біологічні структури, організовані в системній єдності організму людини як живої цілеспрямованої системи. У своїх працях йому вдалося не тільки об'єднати в єдину систему анатомічні, фізіологічні, психологічні, фізичні та інші знання, а й на цій основі фактично синтезувати нову сучасну біомеханіку. Серія його дослідів, починаючи з 1939 p., завершилася фундаментальною працею «Про побудову рухів» (1947 р.). Автор розглянув рухи людини як найважливіший об'єкт дос­ліджень у сучасній біології. У цій книзі представлено дані про походження рухової функції, про розвиток структур центральної нервової системи у зв'язку з виникненням у людини певних ієрархічно залежних рівнів побудови рухів. Зокрема, він докладно розкрив механізми розвитку та розпаду рухів ‑ виникнення та розвитку відповідних рівнів побудови, розвитку рухових навичок, вимоги до елементів координаційної структури рухів; явища, що зумовлюють прояв певних патологічних синдромів та механізми можливого їх виникнення у руховій системі людини.

Останнім часом виникли й успішно розвиваються: інженерна біомеханіка, основні досягнення якої пов’язані з розробкою роботів; медична біомеханіка, що досліджує причини, наслідки та способи профілактики травматизму, міцність опорно-рухового апарату, питання протезування; ергономічна біомеханіка, що вивчає взаємодію людини з навколишніми предметами з метою їх оптимізації.

Проте центральним розділом біомеханіки є біомеханіка фізичних вправ. Вона вивчає рухову діяльність людини під час спортивних тренувань і змагань та в процесі занять масовими й оздоровчими формами фізичної культури, у тому числі на уроках фізичної культури в школі. Постійно вдосконалюючись, біомеханіка фізичних вправ поступово перетворюється на біомеханіку рухової активності, що охоплює всі сторони рухової діяльності людини.

Архітектоніка сучасної біомеханіки складається як би з трьох «секцій» і трьох «поверхів».

**3. Основні напрями біомеханіки: загальна, диференціальна та прикладна.** Біомеханіка розподіляється на загальну, диференціальну та прикладну.

*Загальна біомеханіка* вирішує теоретичні питання й допомагає отримати відповідь на питання, як і чому людина рухається. Цей розділ біомеханіки дуже важливий для практики фізичного виховання і спорту, оскільки «немає нічого більш практичного, ніж ґрунтовна теорія».

*Диференціальна біомеханіка* вивчає індивідуальні та групові особливості рухових можливостей і рухової діяльності залежно від віку, статі, стану здоров’я, рівня фізичної підготовленості, спортивної кваліфікації тощо.

*Прикладна біомеханіка* розглядає конкретні питання технічної та тактичної підготовки в окремих видах спорту й різновидах масової фізичної культури. У тому числі в оздоровчому бігу і ходьбі, загальнорозвивальних гімнастичних вправах, ритмічній гімнастиці та ін. Основне питання прикладної біомеханіки – як навчити людину правильно виконувати різноманітні рухи або як самостійно освоїти культуру рухів.

На трьох «поверхах» (рівнях) біомеханіки вивчаються рухи – рухові дії – рухова діяльність. *На першому рівні* фактичні дані для дослідження рухів отримують найчастіше у ході експериментів з ізольованими м’язами й іншими частинами тіла тварин.

За рідкісним винятком (наприклад, рухи немовляти) здорова людина виконує цілеспрямовані й мотивовані рухи, або рухові дії. На цьому *другому рівні* біомеханіка вивчає й удосконалює техніку рухових дій (наприклад, техніку стрибка, удару, кроку тощо).

*Третій рівень* біомеханіки присвячений тактиці рухової діяльності. При виконанні фізичних вправ рухова діяльність складається з рухових дій, як ланцюг з ланок. Наприклад, біг складається з окремих кроків; стрільба – із підготовки, прицілювання й безпосередньо пострілу; штрафний удар у футболі – з розбігу й удару ногою по м’ячу. Рухові дії в такому ланцюзі взаємозалежні та взаємообумовлені. Тому рухова діяльність – це система рухових дій.

*Біомеханіка* займає особливе положення серед наук про фізичне виховання і спорт. Вона *базується на* анатомії, фізіології та фундаментальних наукових дисциплінах – фізиці (механіці), математиці й теорії керування. Взаємодія біомеханіки з біохімією, психологією та естетикою сприяла появі нових наукових напрямів, що, ледь сформувавшись, уже становлять велику практичну цінність. У їх числі «психобіомеханіка», енергетичні й естетичні аспекти біомеханіки.

Біомеханіка більше, ніж інші медико-біологічні й педагогічні дисципліни, використовує досягнення електронно-обчислювальної техніки.

Але головне – біомеханіка є посередником між теорією і практикою фізичного виховання, спорту й масової фізичної культури. Спираючись на знання біомеханіки, педагогу легше вчити своїх вихованців, але для цього необхідно вміти аналізувати рухову діяльність, або, говорячи професійною мовою, читати рухи. Тут можна провести аналогію з музикою. Нефахівець сприймає фонограму музичного твору емоційно, а професіонал-музикант розрізняє голоси різних інструментів, тонко оцінює погодженість їхнього звучання, зауважує помилки і, крім того, може «думкою почути» звуки, записані на нотних лінійках. Так і фахівець із фізичного виховання повинен уміти подумки уявити рух, якщо зареєстровані його характеристики (траєкторія, швидкість, сила тощо).

**4. Структура аналізу рухової діяльності (структура біомеханічного аналізу).** Процедура аналізу рухової діяльності (*біомеханічного аналізу*) складається з таких етапів:

1. *Вивчення зовнішньої картини рухової діяльності.* Насамперед з’ясовують, з яких рухових дій вона складається і яка послідовність цих рухових дій. Наприклад, шкільний урок фізичної культури складається з комплексу вправ. Потрібно враховувати, що характер, тривалість та інтенсивність попередніх вправ впливають на якість виконання наступних.

Вивчаючи зовнішню картину рухової діяльності, реєструють *біокінематичні характеристики:* системи відліку відстані і часу; просторові характеристики (координати точок, тіла, системи тіл, траєкторії точок); часові характеристики (моменти часу, тривалість руху, фаза руху, темп і ритм рухів); просторово-часові характеристики (швидкість і прискорення точок та тіла).

Особливо важливо знати тривалість окремих частин руху (фаз). Їх графічним відображенням є хронограма. Хронограма рухової дії характеризує техніку, а хронограма рухової діяльності – перше, на що звертають увагу при аналізі спортивної тактики.

2*. З’ясування причин, що зумовлюють рухи та їх зміну.* Вони не доступні візуальному контролю. Відтак для їх аналізу необхідно реєструвати *біодинамічні характеристики:* інерційні характеристики (маса тіла, момент інерції); силові характеристики (сили, моменти сил, імпульс сили й імпульс моментів сил). Найважливіше значення мають величини сил, що діють на людину ззовні та створюються її власними м’язами.

3.  *Визначення топографії працюючих м’язів.* На цьому етапі визначається, які м’язи задіяні у виконанні фізичної вправи та який механізм їх участі. Знаючи, які м’язи переважно забезпечують рухову діяльність, до якої готує себе людина, можна з великої кількості фізичних вправ відібрати ті, які забезпечать розвиток саме цих м’язів та їх координацію.

Залежно від того, яка частина всієї м’язової маси тіла задіяна, розрізняють: глобальну м’язову роботу (більше 2/3), регіональну (від 1/3 до 2/3) і локальну (менше 1/3). Так, бігуни, плавці, лижники виконують глобальну м’язову роботу. До регіональної відноситься, наприклад, м’язова робота, виконувана при деяких загальнорозвивальних гімнастичних вправах (підтягування на поперечині, піднімання ніг і верхньої частини тулуба з положення лежачи на спині тощо).

Уявлення про те, які саме м’язи задіяні в кожній вправі, можна одержати, реєструючи їх електричну активність. Чим інтенсивніше працює м’яз, тим вища його електрична активність і більша амплітуда електроміограми.

Добре відомо, що різні рухи відрізняються за кінематикою і динамікою. Так само й електроміографічний портрет рухів неоднаковий у різних вправах. Але, як пише Р.С. Персон, «навіть складні рухи, якщо вони досить автоматизовані (наприклад, ходьба й інші локомоції, звичайні побутові, професійні та спортивні рухи), мають більш-менш постійний рисунок збудження м’язів не тільки при повторенні руху однією людиною, але й у різних людей».

4. *Визначення енергетичних витрат і того, як доцільно витрачається енергія працюючих м’язів.* Для отримання відповіді на ці питання необхідною є реєстрація *біоенергетичних характеристик:* робота сил, потужність, механічна енергія тіла (кінетична й потенційна). Поряд з величинами енерговитрат важливу роль відіграє економічність. Вона тим вища, чим більша частка корисних енерговитрат відносно всієї витраченої енергії. Підраховано, наприклад, що у стаєрів вищої кваліфікації підвищення економічності бігу на 20% переміщує бігуна в списку кращих з 10-го на 1-е місце.

5.  *Визначення оптимальних рухових режимів* (найкращої техніки рухових дій та найкращої тактики рухової діяльності) здійснюється на завершальному етапі біомеханічного аналізу. Тут же оцінюється ступінь відповідності техніки і тактики, які реально мають місце, оптимальному варіанту техніки і тактики.

*Оптимальним (*від лат. *орtімus* –найкращий*) називається найкращий варіант із усіх можливих.* У спорті (а останнім часом і в оздоровчій фізкультурі) постійно ведеться пошук оптимальних варіантів техніки й тактики та визначення ступеня відповідності реального рухового режиму оптимальному. Тим самим вирішується завдання оптимізації рухової діяльності або її раціоналізації (якщо не вдається досягти ідеалу, але можна до нього наблизитися).

*Оптимізацією називають вибір найкращого варіанта з числа можливих.* Але що таке найкращий варіант рухової діяльності? Загальної відповіді на це питання не існує, оскільки все залежить від конкретної ситуації та поставленої мети. Так, людина, що втікає від переслідувачів, не думає про красу й економічність. Головне – бігти швидко. Інша справа, гімнастка, що виконує вільні вправи. Вона прагне рухатися якнайкраще, відповідно до естетичних канонів свого виду спорту. У цих ситуаціях різні цілі людей. Тому *критерії оптимальності*, тобто показники, які використовуються для оцінки ступеня досягнення поставленої мети, різні.

*Критерії оптимальності:*

*Економічність* рухової діяльності обернено пропорційна енергії, затрачуваній на одиницю виконуваної роботи або метр пройденого шляху. Це найважливіший критерій оптимальності.

*Механічна продуктивність* тим вища, чим більший обсяг роботи виконується за визначений час або чим швидше виконується даний обсяг роботи. Наприклад, у циклічних видах спорту механічна продуктивність оцінюється часом подолання змагальної дистанції, а в масовій фізичній культурі – відстанню, що людина може пройти, пробігти або пропливти за 12 хв.

*Точність рухових дій.* Виокремлюють два їїрізновиди – цільову точність і точність відтворення заданої зовнішньої картини рухів (наприклад, при виконанні «школи» у фігурному катанні). Цільова точність оцінюється відхиленням точки влучення від центра мішені (наприклад, у стрільбі) або відношенням кількості успішно виконаних рухових дій до їх загальної кількості (удари в боксі та спортивних іграх, кидки в боротьбі, передач і прийомів м’яча тощо).

*Естетичність* оцінюється близькістю кінематики (тобто зовнішньої картини руху) до естетичного ідеалу – загальноприйнятого чи прийнятого в даному виді спорту (фігурному катанні, художній гімнастиці, синхронному плаванні тощо).

*Комфортабельними* вважаються плавні рухи. Чим більше хитається тіло при ходьбі, бігу тощо, тим нижчою є комфортабельність.

*Безпека* тим вища, чим менша ймовірність травми.

**5. Функціональний та системно-структурний підходи до вивчення рухової діяльності.** Трудомісткість біомеханічного аналізу й користь від нього залежать від того, наскільки педагог прагне вивчити техніку та тактику своїх учнів. Розрізняють системно-структурний і функціональний підходи до аналізу рухової діяльності.

*Функціональний підхід* дозволяє виявити ті чи інші недоліки техніки й тактики.

Наприклад, на уроці фізкультури можна побачити, що техніка підтягування в багатьох відрізняється від еталонної. Але як її виправити? Функціональний підхід не дає відповіді на це питання. На його прапорі написано: опановувати процес керування без повного розкриття його внутрішньої природи. Зрозуміло, що такий шлях ненадійний. Не маючи чітких рекомендацій для усунення недоліків техніки й тактики, викладач змушений діяти навмання.

*Системно-структурний підхід* дає більш конкретні рекомендації. Педагог, що застосовує при навчанні своїх учнів системно-структурний підхід, прагне пізнати склад і структуру рухової діяльності, тобто отримати відповідь на питання, з яких елементів вона складається і як вони між собою пов’язані. Крім того, з’ясовують внутрішні механізми, тобто з’ясувати, чому рухові дії виконані саме так, а не інакше. Найбільш поширеним прийомом системно-структурного підходу є поділ рухової дії на частини («фази») за визначеними правилами.

Функціональний і системно-структурний підходи до аналізу й удосконалення рухової діяльності доповнюють один одного. Застосовуючи системно-структурний підхід, педагог здійснює аналіз від складного до простого. Елементи рухової діяльності, що знаходяться на нижній ієрархічній сходинці, залишаються нерозкритими, недеталізованими та розглядаються вже з позицій функціонального підходу. Рівень, на якому системно-структурний підхід переходить у функціональний, залежить від розв’язуваних завдань.

Наприклад, при тактичній підготовці рухові дії (технічні елементи) вважаються «неподільними цеглинками», з яких складається рухова діяльність. А при технічній підготовці детально вивчається взаємодія м’язів, кістки, суглобово-зв’язкового апарату. Але стосовно окремих елементів рухового апарату застосовується функціональний підхід: їхня будова та функціонування на молекулярному рівні звичайно не розглядаються.

У сучасній біомеханіці гармонійно переплітаються ідеї та методи оптимізації рухової діяльності, функціонального і системно-структурного підходів, автоматизованого контролю за техніко-тактичною майстерністю, моделювання техніки і тактики на електронно-обчислювальних машинах. Але головною залишається думка та праця дослідника, який осягає закономірності рухів, і педагога, який використовує ці досягнення в навчальному та тренувальному процесах.

**? Питання для самоконтролю**

1. Що вивчає біомеханіка й біомеханіка фізичних вправ?
2. Визначте основні завдання біомеханіки фізичних вправ.
3. Назвіть основні розділи біомеханіки фізичних вправ.
4. Розкрийте зміст етапів біомеханічного аналізу.
5. Поясніть призначення біомеханічних характеристик.
6. Що таке оптимізація рухової діяльності?
7. Що таке топографія працюючих м’яз?
8. Назвіть критерії оптимальності рухової діяльності.
9. У чому полягає різниця між такими поняттями, як «рух», «рухова дія» «рухова діяльність»?
10. У чому полягає відмінність між системно-структурним і функціональним підходом до аналізу рухової діяльності?