

**МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ**  
**ЗАПОРІЗЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ МЕДИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
Кафедра фізичної реабілітації, спортивної медицини,  
фізичного виховання і здоров'я

## **Біомеханіка і клінічна кінезіологія**

### **Тема 1. ВСТУП ДО КУРСУ «БІОМЕХАНІКА І КЛІНІЧНА КІНЕЗІОЛОГІЯ»**

Методичні рекомендації для самостійної роботи  
студентів III курсу медичних факультетів  
спеціальності «Фізична терапія, ерготерапія»

Запоріжжя  
2019

***Затверджено:***

на засіданні кафедри фізичної реабілітації, спортивної медицини, фізичного виховання і здоров'я ЗДМУ протокол № 1 від 29.08.2019 р.

на ЦМР ЗДМУ протокол № від р.

***Автори:***

***Дорошенко Е.Ю.***, доктор наук з фізичного виховання та спорту, професор кафедри фізичної реабілітації, спортивної медицини, фізичного виховання і здоров'я ЗДМУ;

***Гурсьва А.М.***, кандидат наук з фізичного виховання та спорту, доцент кафедри фізичної реабілітації, спортивної медицини, фізичного виховання і здоров'я ЗДМУ;

***Черненко О.Є.***, кандидат наук з фізичного виховання та спорту, доцент кафедри фізичної реабілітації, спортивної медицини, фізичного виховання і здоров'я ЗДМУ

Методичні рекомендації призначені для студентів, які навчаються за спеціальністю 227 «Фізична терапія, ерготерапія» ЗВО МОЗ України для допомоги у вивченні окремих питань біомеханіки та клінічної кінезіології, які віднесено до самостійної роботи згідно типової та робочої програм, в рамках підготовки до практичних занять та кращого засвоєння навчального матеріалу.

**Актуальність теми.** Навчальна дисципліна «Біомеханіка та клінічна кінезіологія» – є однією з базових дисциплін, орієнтованих на підготовку висококваліфікованих спеціалістів у галузі охорони здоров'я. Оволодіння компетентностями, що передбачає програма з дисципліни «Біомеханіка та клінічна кінезіологія», дозволить фахівцям з фізичної терапії та ерготерапії максимально ефективно навчати пацієнтів (клієнтів) руховим діям, оздоровчим та лікувальним фізичним вправам.

### **Зміст**

1. Поняття про біомеханіку. Предмет і завдання біомеханіки.
2. Історія розвитку біомеханіки.
3. Основні напрями біомеханіки: загальна, диференціальна та прикладна.
4. Понятійний апарат біомеханіки.
5. Функціональний та системно-структурний підходи до вивчення рухової діяльності.
6. Структура аналізу рухової діяльності (структура біомеханічного аналізу).
7. Схема біомеханічного аналізу рухових дій.

### **Список рекомендованої літератури**

#### *Основна:*

1. Андреева Р.І. Біомеханіка і основи метрології: навчально-методичний посібник для здобувачів ступеню вищої освіти «бакалавр» денної та заочної форм навчання спеціальностей 6.010201. Фізичне виховання, 6.010202. Спорт, 6.010203. Здоров'я людини // Р.І. Андреева. – Херсон: ПП Вишемирський В.С., 2015. – 224 с.
2. Соколова О.В. Біомеханіка: навчально-методичний посібник для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра спеціальності «Фізична культура і спорт» освітньо-професійних програм «Фізичне виховання» і «Спорт» / О.В. Соколова, Г.А. Омеляненко, В.О. Тищенко. – Запоріжжя: Запорізький національний університет, 2017. – 96 с.

*Допоміжна:*

1. Біомеханіка спорту / За заг. ред. А.М. Лапутіна. – К.: Олімпійська література, 2001. – С. 141-151.
2. Нока Р.М. Основы кинезиологии. – К.: Олимпийская литература, 2004. – 400 с.

### **1. Поняття про біомеханіку. Предмет і завдання біомеханіки.**

Термін **біомеханіка** утворений шляхом складання двох грецьких слів: *bios* – життя і *texane* – 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.

**Об'єктом** пізнання в біомеханіці є рухові дії людини як система взаємопов'язаних активних рухів та положень її тіл, а областю вивчення є механічні та біологічні причини виникнення рухів та особливості їх виконання.

***Біомеханіка фізичних вправ вивчає:***

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

***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;
- розробки критеріїв ефективного управління станом її рухової функції тощо.

***Основними задачами біомеханіки, з точки зору фізичної реабілітації,***

***є:***

- вивчення об'єктивних закономірностей розвитку і вдосконалення рухової функції;
- оптимізація рухової діяльності на основі вимірювання і контролю її кількісних і якісних характеристик, розробки критеріїв ефективного управління станом його рухової функції;
- вивчення адаптаційних змін рухової функції у різноманітних динамічних умовах зовнішньої та внутрішньої середовища організму;
- дослідження системної єдності фізичних, біоенергетичних і психологічних аспектів рухової функції людини у різноманітних умовах його трудової, спортивної й професійної діяльності;
- розробка методологічних основ побудови програм спрямованого вдосконалення рухової функції людини з метою відновлення тимчасово втрачених рухових можливостей і оздоровлення;
- розробка засобів і методів ефективного реалізації цільових програм удосконалення рухової функції людини у різноманітних конкретних умовах її прояви;
- розробка теорії та методики навчання людини вирішенню складних рухових задач у професійно-трудовій і спортивній діяльності.

## **2. Історія розвитку біомеханіки.**

Рухи людини та тварин завжди привертали до себе посилену увагу.

Ще Аристотель (384-322 рр. до н.е.), Клавдій Гален (130-201 рр. 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 рр.) перший звернув увагу на особливу роль механіки у вивченні рухів. На єдність законів механіки для всіх тіл у природі, включаючи тіла тварин і людини, вказував також Галілео Галілей (1638 р.).

Новітня історія біомеханіки починається з видатної праці італійського лікаря й математика Джовані Альфонсо Бореллі (1608-1679 рр.) «Про локомоції тварин». У ній подано відомості про центр тяжіння тіла людини й першу класифікацію локомоторних рухів як активних переміщень тварин у просторі.

Велику роль у розумінні єдності структури та функцій органів опори й руху людини відіграли праці І.М. Сеченова та П.Ф. Лесгафта. У 1874 р. вийшла друком відома праця Лесгафта «Основи природної гімнастики», яка стала основою курсу «Теорія тілесних рухів». 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».

У працях видатного біомеханіка ХХ ст. М.О. Бернштейна рухи людини представлені не як суто фізичні, механічні явища, а як біологічні структури, організовані в системній єдності організму людини як живої цілеспрямованої системи. Серія його дослідів, починаючи з 1939 р., завершилася фундаментальною працею «Про побудову рухів» (1947 р.).

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.

### 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 практичнішого за ґрунтовну теорію».

*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.

На трьох «поверхах» (рівнях) біомеханіки вивчаються

рухи  $\implies$  рухові дії  $\implies$  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. Рухові дії в такому ланцюзі взаємозалежні та взаємообумовлені. Тому рухова діяльність – це система рухових дій.

#### 4. Понятійний апарат біомеханіки

**Основу понятійного апарату біомеханіки** фізичних вправ складають такі поняття:

**Рух** – це зміна положення тіла у просторі та й у часі відносно системи відліку.

**Рухова дія** – це система рухів цілеспрямованих та усвідомлених.

**Рухова діяльність** – це сумарна величина певних рухових дій за певний проміжок часу (або це активна, опосередкована свідомістю форма механічної взаємодії живого організму з навколишнім середовищем, регулююча їхні взаємини в напрямку створення і збереження необхідних умов життя.)

**Фізична вправа** – це комплекс рухових дій строго регламентованих біомеханічними характеристиками.

**Рухова навичка** – це автоматизований компонент рухової дії.

**Моторика** – це сукупність рухових можливостей та здібностей людини.



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

Трудомісткість біомеханічного аналізу й користь від нього залежать від того, наскільки реабілітолог прагне вивчити техніку та тактику тих хто займається.

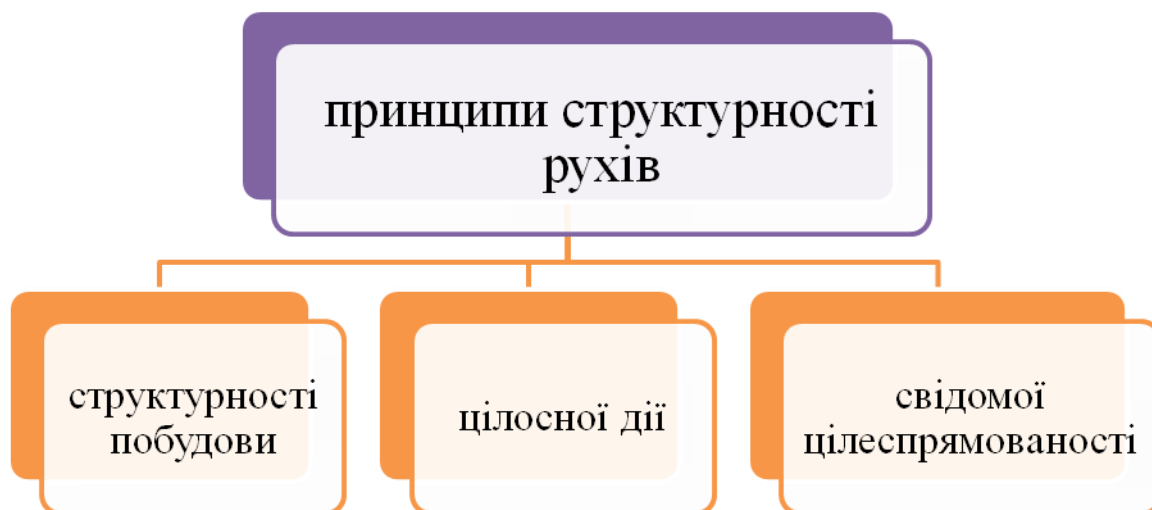
*Підходи до аналізу рухової діяльності розрізняють* на:

- системно-структурний;
- функціональний.

Найбільш часто в біомеханічних дослідженнях використовується порівняно простий *функціональний метод*, який полягає у виявленні взаємозв'язку між певними біомеханічними характеристиками рухових дій, що виконуються, або характеристиками самого пацієнта (спортсмена) і результатом його рухових дій (спортивним результатом). Їх характеризують певні параметри, конкретні умови і кількісно визначений закон.

*Функціональний підхід* дозволяє виявити ті чи інші недоліки техніки й тактики. Але він не дає відповіді на запитання «чому», тобто не дозволяє розробити чіткі рекомендації для їх усунення.

*Системно-структурний підхід* дає більш конкретні рекомендації. Реабілітолог, що застосовує при навчанні своїх клієнтів (пацієнтів) 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 (Рис. 1).



**Рис. 1. Основні принципи структурності рухів**

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 («фаз») за визначеними правилами.

Функціональний і системно-структурний підходи до аналізу й удосконалення рухової діяльності доповнюють один одного. Застосовуючи системно-структурний підхід, реабілітолог здійснює аналіз від складного до простого.

## **6. Структура аналізу рухової діяльності (структура біомеханічного аналізу).**

*Біомеханічний аналіз* являє собою один із способів вивчення рухової діяльності людини. Це ефективний логічний прийом вивчення складних і багатомірних систем, за допомогою якого рухи ніби розчленовують на складові частини, що потім досліджують диференційовано для більш глибокого їх пізнання як єдиного цілого.

*Біомеханічний аналіз* – це тільки початок об'єктивного дослідження руху. За ним слідує *біомеханічний синтез* – моделювання складних систем рухів з метою використання їх у різних напрямках трудової та рухової діяльності людини.

Починається біомеханічний аналіз із вимірювання систем біомеханічних характеристик руху.

Потім встановлюються закономірності їх взаємозв'язків та системоутворюючі елементи руху як єдиного цілого.

Далі при необхідності визначають внесок кожного елемента у реалізацію його цільової функції, або кінцевої мети.

Розділ біомеханічного аналізу – **біокінематика** (від грецького *bios* – життя, *kinematos* – рух) – вивчає рух живих тіл та біологічних систем.

**Кінематика** – це розділ механіки, що вивчає механічні рухи усіх матеріальних тіл у природі. Рухи тіл у кінематиці вивчаються без урахування їхньої інертності та діючих сил.

**Біокінематика** вивчає все про рухи тіла людини, окрім механічних причин, які їх викликають.

Розділ біомеханічного аналізу – **біодинаміка** (від грецького *bios* – життя, *dynamis* – сила) – вивчає дію сил, які надають руху тілу людини та іншим біологічним системам.

**Динаміка** – це розділ механіки, що вивчає механічні причини руху усіх матеріальних тіл у природі.

**Біомеханічні характеристики рухів тіла людини** – це міра механічного стану біосистему та її його зміни (поведінки). На практиці звичайно використовують біомеханічні характеристики двох типів – якісні та кількісні (Рис. 2).

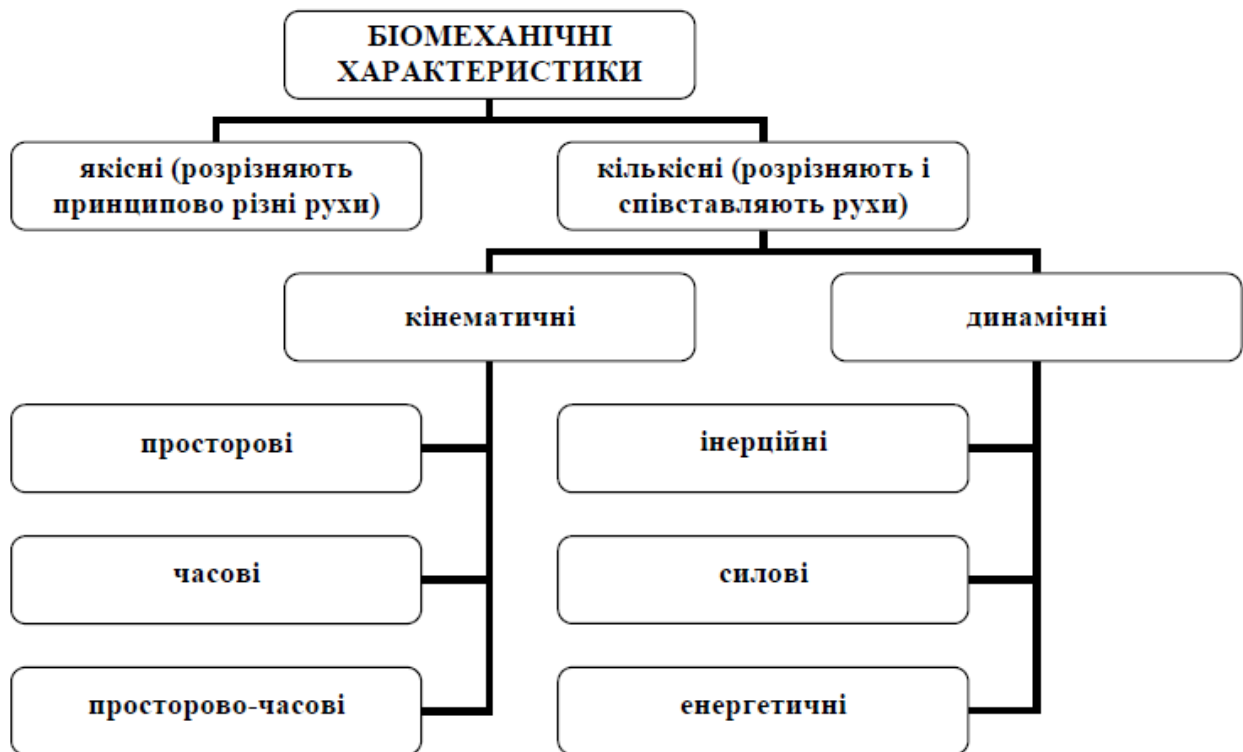


Рис. 2. Класифікаційний розподіл біомеханічних характеристик

*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.

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 (маса тіла, момент інерції); силові (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.

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.

**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.

**5. Визначення оптимальних рухових режимів** (найкращої техніки рухових дій та найкращої тактики рухової діяльності) здійснюється на завершальному етапі біомеханічного аналізу.

*Оптимальним* (від лат. *optimus* – 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.

**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. Тому критерії оптимальності, тобто показники, які використовуються для оцінки ступеня досягнення поставленої мети, різні.

**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.

**Точність рухових дій.** Виокремлюють два її різновиди – 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 тощо).

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

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

**Безпека** тим вища, чим менша ймовірність травми.

## 7. Схема біомеханічного аналізу рухових дій

1.	Встановити точну назву фізичної вправи, згідно загальноприйнятої спортивно-педагогічної термінології.
2.	Визначити ціль біомеханічного аналізу.

3.	Сформулювати задачі біомеханічного аналізу.
4.	Підібрати методи, що адекватні поставленим задачам.
5.	Визначити механічні характеристики техніки рухових дій.
6.	Виявити взаємозв'язок та взаємовплив механічних характеристик з результатом рухового завдання за допомогою методів математичної статистики.
7.	Провести оцінку ефективності фізичної вправи, що виконується.

### *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?
11. Опишіть схему біомеханічного аналізу рухових дій.