

Лекція № 1.

Предмет, задачі і зміст біомеханіки

План

1. Основні поняття про рух.
2. Предмет біомеханіки.
3. Задачі біомеханіки.
4. Зміст біомеханіки.
5. Метод біомеханіки.

1. Фізика, хімія, біологія й інші науки вивчають закони різних форм руху матерії в неживій природі, в живій природі і в суспільстві. Найпростіший рух – просторове переміщення тіл – досліджує механіка. Для кращого розуміння суті та ролі механічного руху в тваринних, організмах слід розглянути основні поняття про рух взагалі.

Рух як форма буття матерії

Рух є форма існування матерії. Всім відомо глибокі і яскраві слова Ф.Енгельса: «Рух, що розглядається в найзагальнішому сенсі слова, тобто розуміється як форма буття матерії, як внутрішньо притаманний матерії атрибут, обіймає собою все що відбувається у всесвіті зміни і процеси, починаючи від простого переміщення і кінчаючи мисленням. Отже, рухом у філософському розумінні називають всяку зміну взагалі. Все існуюче в світі – матерія, яка вічно рухається, змінюється. Матерія без руху немислима, як немислимо і рух без матерії.

Форми руху матерії

Відповідно різноманіттю світу існує і різноманіття руху різні руху матерії. Розрізняють більш прості форми руху матерії механічну, фізичну та хімічну, які проявляються, як в неживій, так і в живій природі, і більш складні, вищі, форми руху біологічну (все живе) і соціальну (суспільні відносини, мислення). З розвитком наук все більше поглиблюється вивчення раніше відомих форм руху, і висуваються на обговорення нові. Кожна більш складна форма руху включає в себе і більш прості. Найпростіша форма – механічна існує скрізь. Але чим форма руху вище, тим менш істотна механічна форма, рух якісно характеризується відповідно більш високою формою.

Таким чином, кожна вища форма володіє якісною специфікою і не «сводима» до нижчих, в той же час вона нерозривно пов'язана з ними.

Рух людини представляє собою механічне переміщення живого організму.

Рух людини – одне з складних явищ у світі.

Вони складні не тільки тому, що в його рухової діяльності дуже непрості функції органів руху, але й тому, що в ній відбувається його свідомість як функція найбільш високоорганізованої матерії – мозку.

Роль руху в житті людини виключно велика. За допомогою рухів він

змінює навколишню природу. У процесі цієї зміни розвиваються і організм людини, і його свідомість.

Навіть найпростіша форма руху матерії – механічна – через надзвичайну складність будови тіла людини та його функцій дуже не проста. Рух живих істот як біологічне явище може бути зрозумілим лише на основі вивчення в нерозривному зв'язку біологічних і механічних закономірностей.

2. Предмет будь-якої науки, у тому числі і біомеханіки, визначається специфічним об'єктом пізнання колом явищ і процесів, закономірностей, які вивчає та чи інша наука. В цьому об'єкті кожна з них має свою область вивчення.

Об'єкт пізнання

Об'єкт пізнання біомеханіки є рухові дії людини як системи взаємно пов'язаних активних рухів і положень його тіла.

Біомеханіка виникла і розвивається як наука про рухи тваринних організмів, зокрема людини. У тваринних організмів рухаються не тільки частини тіла – органи опори і руху. Зміщаються внутрішні органи, рідини в судинах і порожнинах, повітря в дихальній системі, т. ін. Ці механічні процеси в біомеханіці ще майже не досліджені. Тому до сих пір об'єктом пізнання в ній прийнято вважати тільки рухи тіла. В принципі ж до біомеханіки слід відносити всі прояви механічного руху в тваринних організмах.

У нормі людина виробляє не просто рухи, а завжди дії (Н. А. Бернштейн); вони ведуть до певної мети, мають певний сенс. Тому людина виконує їх активно, цілеспрямовано, керуючи ними, причому всі рухи тісно взаємопов'язані – об'єднані в системи. У діях людини рухи виконуються зазвичай не весь час і не завжди у всіх суглобах. Частини його тіла іноді зберігають своє відносне положення майже незмінним. У активному збереженні положення, як і в активних рухах, беруть участь м'язи. Послідовно, людина здійснює рухові дії за допомогою активних рухів і зберігаючи при необхідності взаємне розташування тих чи інших ланок тіла. Системи активних рухів, а також збереження положень тіла при рухових діях і вивчаються в цьому курсі біомеханіки.

Область вивчення

Область вивчення біомеханіки – механічні і біологічні причини виникнення рухів і особливості їх виконання.

Рухи частин тіла людини представляють собою переміщення в просторі і часі, які виконуються в багатьох суглобах одночасно і послідовно. Рухи в суглобах за своєю формою і характером дуже різноманітні, вони залежать від дії безлічі прикладених сил. Всі рухи закономірно об'єднані в цілісні організовані дії, якими людина управляє за допомогою м'язів. Враховуючи складність рухів людини, в біомеханіці вивчають і механічну та біологічну їх сторони, причому обов'язково в тісному взаємозв'язку. Оскільки людина виконує завжди осмислені дії, його цікавить, як можна досягти мети,

наскільки добре і легко це виходить в даних умовах. Щоб результат був кращим і досягти його було легше, людина свідомо враховує і використовує умови, у яких треба діяти. Крім того, вона вчиться більше абсолютно виконувати рухи. Біомеханіка людини враховує ці його спроможності, чим суттєво відрізняється від біомеханіки тварин, жодне з яких не володіє ними. Таким чином, біомеханіка людини вивчає також, який спосіб і які умови виконання дій краще і як оволодіти ними.

Біомеханіка розділяється на: а) загальну, що досліджує загальні закономірності всіх видів рухових дій, і б) частинні розділи, які вивчають закономірності рухів, специфічних для фізичних вправ (у тому числі і спортивних), праці, реабілітації (в даному випадку – відновлення втрачених або порушених функцій) і ін.

3. Завдання кожної області знання визначають собою її зміст— теорію і метод. Розрізняють загальні завдання, що охоплюють всю область знання, і приватні — важливі лише для певного кола явищ, що вивчаються. Загальне завдання вивчення рухів полягає в оцінці ефективності додатка сил для досягнення поставленої мети. Різне вивчення рухів кінець кінцем направлене на те, щоб допомогти. Перш ніж приступити до розробки кращих способів дій, необхідно оцінити вже існуючі. Звідси впливає сама загальна задача біомеханіки, що зводиться до оцінки ефективності способів виконання досліджуваного руху. При такому підході зіставляють те, що є в рухах, з тим, що вимагається. Біомеханіка досліджує, «яким чином отримана механічна енергія руху і напруги може придбати робоче застосування», – писав акад. А. А. Ухтомський. Робочий ефект вимірюється тим, як використовується витрачена енергія. Для цього визначають, які сили здійснюють корисну роботу, які вони за походженням, коли і де прикладені. Те ж саме повинно бути відомо про сили, які виробляють шкідливу роботу, що знижує ефективність корисних сил. Таке вивчення дає можливість зробити висновки про те, як підвищити ефективність дії. Це лише сама загальна задача. По ходу її вирішення виникають багато приватних задач, не тільки передбачають безпосередню оцінку ефективності, але і впливають із загальної задачі і їй підлегли. Приватні завдання біомеханіки полягають у вивченні рухів людини в руховій діяльності та вивченні наведених їм в рух фізичних об'єктів, а також у вивченні результатів рішення рухової задачі і умов, в яких воно здійснюється. В біомеханічних дослідженнях може вирішуватися велика кількість окремих приватних задач, що виникають у зв'язку з багато обраними запитами практики. Ці завдання викликані необхідністю створювати нові системи рухів або покращувати існуючі, для того, щоб навчати найбільш досконалим. Знання закономірностей явища дає можливість передбачати його наслідки. Передбачення при навчанні рухам дозволяє планувати, а отже, і обґрунтовано вибирати шлях досягнення мети і здійснювати надійний контроль за просуванням по цьому шляху. У руховій діяльності людини вирішується багато рухових завдань. Для досягнення поставлених цілей використовується багато різних способів виконання дій.

При вирішенні однієї і тієї ж задачі часто існує кілька варіантів дії. В зв'язку з цим, вивчаючи рухи людини, встановлюють особливості виконання різних способів дій. З'ясовують зовнішню картину рухів їх форму і характер; встановлюють механізм рухів – прикладені сили, викликані ними зміни рухів людини і тих фізичних об'єктів, які він приводить у рух. Всі досліджувані боки рухів дозволяють зрозуміти закономірності, що лежать в основі виконання різних способів рухів. Різноманітність рухових завдань дуже велике. Може зажадатися швидке виконання рухів, або точність рухів в співвідношенні з заданим зразком, або прояв великої сили, значної витривалості і багато іншого. Результат виконання завдання може бути визначений за допомогою відповідних показників. Щоб оцінити якість виконання завдання, визначають, наскільки відповідає фактичне виконання рухів необхідному результату. Для цього вивчають не тільки спосіб виконання дії, але і результат рішення рухового завдання. Зіставлення рухів з їх результатами дозволяє знайти рухи, найбільш раціональні для вирішення поставленого завдання. Зі зміною умов, в яких виконуються рухи, можуть змінитися спосіб виконання, дії і результат вирішення рухової задачі. Тому дуже важливо встановити, яким чином зміна умов рухової діяльності впливає на спосіб виконання руху і його результат. Умови діяльності поділяються на зовнішні і внутрішні. До зовнішніх відносяться всі фактори, пов'язані із зовнішнім середовищем, в якому людина здійснює свою діяльність. До внутрішніх умов діяльності відносяться як більш загальні – рівень підготовленості рухового апарату людини, ступінь працездатності під час виконання рухів і т. д., так і більш приватні – все різноманіття особливостей пристосування організму до виконання певного руху. Вивчаючи рухи людини, встановлюють їх залежність від умов виконання дії, виявляють умови, що сприяють кращому вирішенню завдання або погіршують результат дії. Разом з тим визначають, які способи виконання рухів краще відповідають наявним умовам дії. Для вирішення кожної з названих приватних завдань в біомеханічному дослідженні виокремлюють ряд ще більш вузьких питань, які підлягають детальному вивченню. Крім того, буває необхідно глибше вивчати як особливості пристосування рухового апарату до більш досконалого виконання тих чи інших складних дій, так і тонкі деталі способів виконання рухів.

4. Зміст науки становить сукупність накопичених знань, що складаються в певну систему-теорію науки, а також шляхи отримання цих знань – метод науки. І теорія і метод виражають в поняттях і законах науки, характерних для неї, які розкривають її зміст.

У теорії біомеханіки розглядаються: будова та властивості, а також розвиток тіла людини як біомеханічної системи; ефективність рухових дій, як систем рухів; формування і вдосконалення рухів у рухових діях.

У кожній області знання розробляється її теорія. Теорія науки – це логічне узагальнення досвіду, яке виражене в основних ідеях. Ці ідеї, з одного боку, випливають із раніше вивчених фактів, з іншого допомагають

краще зрозуміти те, що ще не вивчено. Протягом часу, завдяки новим фактам і новим підходам при їх використанні, в теорію вносять поправки, уточнення, нерідко докорінні зміни, що спростовують деякі раніше сформовані уявлення, теорія розвивається.

Теорія біомеханіки в даний час охоплює три великі проблеми. Розглянемо їх по порядку.

Особливості будови і властивості тваринних організмів справляють істотний вплив на закономірності їх рухів. Виходячи з цього, тіло людини розглядають як біомеханічну систему. З давніх пір органи опори та руху порівнюють з важелями. Раніше вказували лише на те, що, вивчаючи руху таких важелів, треба враховувати анатомо-фізіологічні особливості тіла людини. Наступним етапом у розумінні природи рухів було визнання специфіки біомеханічних систем, відмінних в принципі від твердих тіл або систем твердих тіл. Ця специфіка змушує вивчати такі властивості біомеханічних систем, яких немає в штучних конструкціях, машинах, створюваних людиною. Тому в теорії біомеханіки виникла проблема вивчення будови і властивостей біомеханічних систем, а також їх розвитку.

Для вирішення загальної задачі біомеханіки необхідно вивчення специфічних особливостей самих процесів руху живого організму і умов, що забезпечують ефективність докладання зусиль. Для рухів тварин характерне поєднання безлічі рухів у суглобах у єдине ціле системи рухів. З цим пов'язано виникнення в теорії біомеханіки проблеми вивчення ефективності рухових дій, як систем рухів, їх особливостей і розвитку.

Нарешті, надзвичайно важливе вивчення зміни рухів у процесі оволодіння руховими діями, як системами рухів (руховими актами, прийомами виконання дій). У зв'язку з цим в теорії біомеханіки виникла проблема вивчення закономірностей формування і удосконалення рухів.

5. Метод біомеханіки – системний аналіз і синтез рухів на основі кількісних характеристик, зокрема кібернетичне моделювання рухів.

Метод науки – це спосіб дослідження в даній науці, шлях пізнання закономірностей. Метод визначається теорією, її основними ідеями і в той же час сам визначає спосіб отримання знань в даній науці.

У теорії біомеханіки рухові дії розглядаються як складні системи, які складаються з безлічі рухів. Такий підхід вимагає при їх вивченні застосування системного аналізу і синтезу. Біомеханіка, як наука експериментальна, емпірична, спирається на досвідчене вивчення рухів. За допомогою приладів реєструються кількісні особливості рухів (характеристики), наприклад траєкторії, швидкості, прискорення та ін., що дозволяють розрізняти рухи, порівнювати їх між собою. Розглядаючи характеристики, розчленовують системи рухів на складові частини – установлюють її склад. У цьому виявляється системний аналіз.

Система рухів як ціле, не просто сума її складових частин. Частини системи об'єднані численними взаємозв'язками, що додають їй нові, не містяться в її частинах якості (системні властивості). Необхідно уявляти це

об'єднання, установлювати спосіб взаємозв'язку частин в системі її структуру, в цьому проявляється системний синтез.

Обидві сторони системні аналіз і синтез однаково необхідні для пізнання системності в будові тіла людини, яка рухається, і в її рухах.

При вивченні рухів в процесі розвитку системного аналізу і синтезу в останні роки все ширше застосовують метод кібернетичного моделювання – побудови керованих моделей (електронних, математичних, фізичних і ін.) рухів і моделей тіла людини.

У ході розвитку тієї чи іншої науки формуються наукові поняття. За допомогою умовних слів (термінів) у них виражають зміст досліджуваних явищ, їх властивостей і відносин. Наукові поняття являють собою визначення, що відповідають на питання: «Що це таке?». Відповісти на таке питання можна тільки вивчивши те, що визначають. Значить, наукове поняття вже певною мірою є підсумок вивчення. До наукових понять біомеханіки відносяться система рухів, кінематична структура, зустрічні рухи та ін.

У процесі розвитку науки встановлюють наукові закони, в яких виражаються об'єктивні, суттєві, закономірності, постійно повторювані взаємозв'язки досліджуваних явищ, їх властивості та відносини.

Зв'язок біомеханіки з іншими науками

Біомеханіка як розділ біофізики зародилася у зв'язку з розвитком фізичних і біологічних наук. В даний час успіхи цих наук так чи інакше позначаються на розвитку біомеханіки. У свою чергу, фізичні та біологічні науки можуть збагачуватися даними біомеханіки про фізику живого. Вивчення біомеханічних систем відкриває нові шляхи для розуміння анатомічної будови і фізіологічних функцій рухового апарату. У біомеханічних дослідженнях можуть застосовуватися методи суміжних наук, в той же час спеціальні дослідження проблем цих наук можуть проводитися із застосуванням біомеханічних методів. Тут у наявності двосторонній зв'язок, що забезпечує взаємне збагачення теорії і методів дослідження.

Деяко інший взаємозв'язок біомеханіки з галузями знання, в яких вивчають конкретні області рухової діяльності: з теорією фізичного виховання, клінічної медицини, космічною і авіаційною біологією, фізіологією праці та ін. У цих галузях знання використовуються теоретичні висновки та практичні результати біомеханічних досліджень. Крім того, в ході розвитку цих галузей висувуються проблеми, що вимагають досліджень із застосуванням біомеханічних методів, з використанням понять, законів біомеханіки.

Контрольні питання:

1. Дайте характеристику основним поняттям про рух.
2. Предмет біомеханіки.
3. Задачі біомеханіки в фізичному вихованні та спорті.
4. Зміст біомеханіки.

5. Метод біомеханіки.

Лекція № 2.

Розвиток біомеханіки як науки

План

1. Розвиток фізичних знань.
2. Розробка методик вивчення рухів.
3. Становлення теорії біомеханіки.
4. Системно – структурний підхід.
5. Сучасний етап розвитку біомеханіки.

1. Розвиток фізичних знань.

Фізика – наука про закономірності найбільш загальних форм руху матерії, виникла і досягла високого рівня розвитку раніше, ніж біологія – наука про закономірності життя і розвитку живих організмів.

У Стародавній Греції за часів Аристотеля (384-322 рр. до н. е.) Фізикою називали взагалі всі початкові знання про природу. Аристотель першим ввів термін «механіка», описав важіль та інші найпростіші машини, намагався шляхом міркувань знайти причини рухів. Деякі його представлення (наприклад, про залежність швидкості падіння в порожнечі тільки від ваги тіл, про необхідність постійної сили для підтримки постійної швидкості), не підтверджені досвідом, були згодом спростовані. Набагато довговічніші виявились роботи Архімеда (287-212 рр.. д. н. е.), який заклав основи статички і гідродинаміки як точних наук. Вони зберегли своє значення до нашого часу. Розвитку механіки після довгого застою наук у середні століття сприяло дослідження Леонардо да Вінчі (1452-1519 рр..) по теорії механізмів, тертю і інших питань. Примітно, що цей великий художник, математик, механік і інженер вперше висловив найважливішу для майбутньої біомеханіки думку: «Наука механіка тому настільки благородна і корисна більш всіх інших наук, що, як виявляється, всі живі тіла, що мають здатність до руху, діють за її законами».

Загальновідомо, що найважливіший розділ механіки – динаміка, був створений працями геніальних вчених Галілео Галілея (1564 – 1642 рр.) та Ісаака Ньютона (1643-1727 рр.). Основні закони класичної механіки описують рух матеріальної точки і абстрактного абсолютно твердого тіла.

З класичної механіки виділилися і розвиваються як самостійні науки гідро і аеромеханіки, що вивчають механіку деформованого тіла. Для вирішення завдань біомеханіки, пов'язаних з деформаціями, великий інтерес представляють опір матеріалів та теорія пружності, пластичності і повзучості.

З кінематики, сформованої як окремий розділ механіки лише на початку XIX ст., Виокремлювалася також важлива для біомеханіки область науки –

теорія механізмів і машин.

2. Розвиток біомеханіки багато в чому залежав від розробки методик вивчення рухів. З ростом досягнень в техніці реєстрації характеристик рухів став накопичуватися великий матеріал який послужив основою подальших теоретичних узагальнень в біомеханіці.

Механічні пристрої

Підвищення інтересу до рухів людини у зв'язку з бурхливим розвитком природознавства і промисловості сприяло використанню методів механіки при вивченні рухової діяльності. В першу чергу почали застосовувати найпростіші пристрої для визначення положення центру тяжіння тіла людини (Д. Бореллі, А. Базлер та ін.) Більш широко механічні пристосування стали використовувати брати В. і Е. Вебери (1836 р.), що вивчали ходьбу людини. Ж. Марей (80-і рр.. 19 ст.) запропонував пневмографічну запис тиску ноги на опору при допомозі повітряних камер, які знаходяться в черевиках, з передачею тиску повітря по гумових трубочках. У багатьох механічних приладів була невисока точність вимірювань, спостерігалися затримки. Тому в наукових дослідженнях вони поступово замінювалися більш досконаліми – світлохімічними та електротехнічними. З поширенням біомеханічних досліджень у спорті (50-60-і рр.. 20 ст.) стали успішно застосовуватися багато механічних приладів (В. М. Абалаков), зокрема динамографи, безпосередньо пов'язані зі спортивними снарядами.

Електротехнічна апаратура

Можливості сучасної електротехніки (в широкому сенсі слова, включаючи електроніку) дуже великі, проте для потреб біомеханіки вони використовуються ще відносно мало. Першим на цьому шляху у вивченні рухів було тензометрування, широко використовується і в даний час. Тензодатчики ставлять на різні пристрої та спортивні снаряди і по їх деформаціям вимірюють докладені зусилля (динамографічні платформи для реєстрації зусиль відштовхування в ходьбі, бігу, стрибку, динамографічні весла, лижі, ковзани, гімнастичні снаряди, штанга і та ін.). В результаті подачі сигналів з двох тензосистем на промінь осцилоскопа на екрані виникає зображення зусилля, за яким можна визначити вектор сили (**вектординамографія**) (І. П. Ратов, 1960).

Далі стала застосовуватися електрогоніографія – вимірювання і запис суглобових кутів за допомогою гоніометра, прикріпленого до зчленованих ланок, а також акселерографія – вимірювання прискорень за допомогою датчика прискорень, що прикріплюється до прискорювальної точки. У всіх цих методах механічні характеристики за допомогою перетворення їх в електричні сигнали реєструються протягом виконання рухів з одночасною електричною відміткою часу.

В якості методу дослідження рухів стала застосовуватися електроміографія, дозволяє приблизно судити про початок, інтенсивності та закінчення електричної активності м'язів. Застосування цього методу при вивченні різних спортивних вправ (біг, плавання, метання, гімнастика і та ін.)

дає можливість вивчати спільні дії м'язів в складних умовах.

Вважаються перспективними складні стереофотоелектронні методи реєстрації координат точок з автоматичною обробкою даних і миттєвим визначенням координат, швидкостей і прискорень точок.

Багатоканальна запис різних характеристик забезпечує повну їх синхронізацію (точна взаємна відповідність у часі). Розрахункові методи отримання ряду характеристик (зусиль, прискорень) замінюються їх безпосередньою реєстрацією. Автоматичні пристрої, під'єднуються до реєструючих приладів, дозволяють негайно і з високою точністю визначити похідні характеристики, а також визначати кількісну міру їх взаємозалежностей. При суміщенні в кінокадрі спортсмена, що рухається, і екранів осцилоскопів забезпечується синхронна реєстрація картини руху і самих різних характеристик і показників. Нарешті, застосування електронних обчислювальних машин та комп'ютерної техніки відкриває можливості не тільки ретельної математичної обробки даних реєстрації, але і математичного моделювання в якості методу вивчення рухів.

У застосуванні електротехнічної апаратури не подолані ще багато труднощів, але можливості її використання дуже великі.

3. З використанням кожної нової методики, з накопиченням фактичних даних, з розвитком суміжних областей знання (механіки, анатомії, фізіології, кібернетики) змінювалися критерії оцінки одержуваних результатів, з'являлися висновки, поступово складаючи в нове розуміння явищ і процесів. Теорія біомеханіки, як узагальнення експериментальних даних у світі певних ідей розвивалася за декількома напрямками.

Механічний напрямок

Механічний підхід до вивчення рухів людини дозволяє визначити кількісну міру рухових процесів, пояснити фізичну сутність механічних явищ, розкриває величезну складність будови тіла людини і його рухів з точки зору фізики. Хронологічно першим був механічний напрям у розвитку біомеханіки. Першу книгу з біомеханіки «Про рухи тварин» (1679 р.) написав учень Галілея італійський лікар і математик Джованні Бореллі. Дослідження дії і протидії, визначення центру тяжіння тіла людини, класифікація локомоторних рухів по джерелу сил проводились з позицій механіки. Фізіологи брати Вебер (1836 р.) вивчали ходьбу людини теж з позицій механіки, порівнюючи кроки з гойданнями маятників (їх гіпотези в подальшому багато в чому не підтвердилися). Вивченню механічних характеристик рухів були присвячені дослідження В. Брауні і О. Фішера. Останнім часом розвиток механічного напрямку найбільш яскраво представлений в посібниках з біомеханіки Г. Хохмута (ГДР), А. Новака (ЧССР) і ін.

Застосування законів механіки в біомеханіці абсолютно необхідно, але воно недостатнє, якщо мова йде тільки про механіку незмінного тіла. Як біомеханічна система тіло людини суттєво відрізняється від абсолютно твердого тіла або матеріальної точки, які розглядаються в класичній механіці. Внутрішні сили, які при рішенні задач в механіці твердого тіла намагаються

виключити, мають визначальне значення для рухів людини. Байдужість до джерела сили в механіці змінюється крайнім інтересом до цього питання в біомеханіці. Нарешті, поглиблене вивчення саме механічних закономірностей рухів організмів вимагає виявлення немеханічних причин особливої складності в прояві активності біомеханічних систем.

Функціонально-анатомічний підхід характеризується перевагою описаних аналізом рухів у суглобах, визначенням участі м'язів при збереженні положення тіла і в його рухах. Вивчаючи форму і будову органів опори, а також руху людини в тісному зв'язку з їх функцією, анатоми досліджували переважно руховий апарат. Аналітичне вивчення тіла людини переважало в роботах О. Фішера, Р. Фікка, Г. Браус, С. Молль та інших зарубіжних анатомів.

Разом з тим розширювалося вивчення функцій рухового апарату як цілого. Один із засновників функціональної анатомії П. Ф. Лесгафт розглядав всі системи і органи передусім у взаємодії, як частини єдиного цілісного живого організму. Високо оцінюючи можливості формотворного впливу функцій, П. Ф. Лесгафт одним з перших почав розробляти наукові основи фізичної освіти дітей та молоді. Функціонально-анатомічний напрямок розвивався учнями П. Ф. Лесгафта і продовжили його вчення А. А. Красуський, Е. А. Котикова, Є. Г. Котельникова та ін. Великий внесок у вчення про рух вніс М. Ф. Іваницький, який розробляв розділ курсу анатомії – руховий апарат, як ціле (динамічна анатомія). У багатьох країнах наука про рухи – кінезіологія являє собою в даний час своєрідне поєднання механічного та функціонально-анатомічного напрямків. Для анатомічного напрямку в цілому характерний описовий підхід, переважно якісні характеристики при незначному застосуванні кількісної міри. Мало використовуються електроміографічні методи та вимірювання механічних характеристик, що надає висновків у багатьох дослідженнях в цій області кілька тривалий характер.

Фізіологічний напрямок у біомеханіці затвердив представлення про рефлекторний природний рух. На розвиток біомеханіки мали істотний вплив фізіологія нервово-м'язового апарату, вчення про вищу нервову діяльність і нейрофізіологія. Визнання рефлекторної природи рухових дій і механізмів нервової регуляції при взаємодії організму і середовища в роботах І. М. Сеченова, І. П. Павлова, Н. Е. Введенського, А. А. Ухтомського, П. К. Анохов, Н. А. Бернштейна та інших вчених складає фізіологічну основу вивчення рухів людини. Результати численних, проведених за останні десятиліття у багатьох країнах світу досліджень механізмів центральної нервової системи і нервово-м'язового апарату дозволяють найбільш повно представити високу складність управління рухами. Глибоке вивчення дійсних явищ в самому опорно-руховому апараті викликало особливу увагу до управління рухами. Виявлені особливості управління рухами показали, наскільки були невірні колишні спрощені пояснення механізму рухів.

4. Системно-структурний підхід у біомеханіці характеризується вивченням складу і структури систем як в руховому апараті, так і в його

функціях. Цей підхід у відомій мірі об'єднує механічні, функціонально-анатомічні та фізіологічні напрямки в розвитку теорії біомеханіки.

За сучасними уявленнями, опорно-руховий апарат розглядається як складна біомеханічна система руху людини, також вивчається як складна цілісна система. Поняття про систему, в якій безліч елементів (її склад) закономірно об'єднано взаємними зв'язками, взаємозалежністю (її структура), характерно для сучасного наукового уявлення про світ. Системно-структурний підхід вимагає вивчення системи як єдиного цілого, тому що її властивості не зводяться до властивостей окремих елементів. Важливо вивчати не тільки склад, але і структуру системи, розглядати у взаємозв'язку будову і функцію.

Ідеї про системність вніс в вивчення рухової діяльності також Н. А. Бернштейн. Кібернетичний, по суті справи, підхід до рухів був їм здійснений більш ніж за 10 років до оформлення кібернетики, як самостійної науки.

Сучасний системно-структурний підхід не тільки не заперечує значення в біомеханіці всіх напрямів, а як би об'єднує їх. При цьому кожен напрям зберігає в біомеханіці своє значення.

5. У процесі тривалого розвитку біомеханіки склалися її сучасні теоретичні основи: визнання рефлексорної природи систем рухів при складному поєднанні довільного і автоматичного керування ними; пояснення механічної сторони рухів тіла людини (біомеханічної системи) з точки зору механіки не тільки абсолютно твердого тіла, але і деформованого тіла; розгляд рухових дій як систем, що складаються з безлічі взаємопов'язаних рухів; визнання залежності виконання систем рухів і їх ефективності від поєднання безлічі взаємозалежних внутрішніх і зовнішніх факторів. Сучасна біомеханіка відноситься до біологічних наук нового типу, широко використовує фізико-математичний підхід і методи. Біомеханіка людини в цілому має педагогічну спрямованість: основна мета біомеханічних досліджень – удосконалювати рухову діяльність людини в різних її проявах.

Методики дослідження

Біомеханічне дослідження вимагає спільного вивчення механічних і біологічних сторін рухів з можливо більш точної кількісної міри і розкриттям взаємозв'язків в системах рухів (їх структур). Методики біомеханічного дослідження мають відповідно до системності рухів комплексний характер. Вивчення рухів проводиться з синхронною реєстрацією ряду суспільних характеристик при високій точності й швидкості вимірювань. У методиках біомеханічного дослідження використовуються окремі методи реєстрації із суміжних наукових дисциплін, а також досягнення сучасної техніки. Вони дозволяють повніше відобразити специфіку рухів людини в її сучасному теоретичному розумінні.

Практичне застосування

Область рухової діяльності людини, де використовуються методи сучасної біомеханіки, обширні. В першу чергу вони використовуються там, де оцінка ефективності рухів найбільш важлива, наприклад в біомеханіці

спорту.

Біомеханіка набуває все більшого значення у вивченні взаємодії людини і машини, в проблемах інженерної психології, що враховує специфіку рухової діяльності людини. В розробці проблеми людина – машина важливу роль відіграє біомеханіка праці, яка часто замикається з фізіологією праці (пристрій робочого місця, оцінка робочих операцій і т. п.).

Діяльність людини в умовах космосу (в невагомості, особливо поза космічного корабля) потребує біомеханічного обґрунтування та контролю над оволодінням навичками в незвичайних умовах.

Біомеханіка нерідко відіграє провідну роль при відновленні втраченої працеспроможності, особливо в протезуванні інвалідів, забезпечуючи більш точне рішення поставлених завдань (оцінка функціональних можливостей, створення заміщають конструкцій, контроль над оволодінням рухами).

У меншій мірі використовується біомеханіка в мистецтві, де виразність рухів допускає більшу їх варіативність і не вимагає суворої кількісної точності.

Завдання зводиться до розкриття, подальшого вдосконалення і кращому застосуванню рухових можливостей людини, найбільший розвиток отримала біомеханіка фізичних вправ, особливо спортивних (біомеханіка спорту).

Біомеханіка фізичних вправ

Початок розвитку біомеханіки фізичних вправ поклав П. Ф. Лесгафт, розробивши курс теорії тілесних рухів. Він почав читати його в 1877 р. на курсах з фізичного виховання. Цей курс продовжували читати і вдосконалювати його учні. В інституті фізичного виховання ім. П. Ф. Лесгафта, цей курс входив в предмет «Фізична освіта», а в 1927 р. був виділений в самостійний – під назвою «Теорія рухів» і в 1931 р. перейменованій в курс «Біомеханіка фізичних вправ».

З 30-х рр. в інститутах фізичної культури в Росії (Н. А. Бернштейн), (Е. А. Котикова, Є. Г. Котельникова), Тбілісі (Л. В. Чхаїдзе), Харкові (Д. Д. Донський) та ін. розгорнулася наукова та навчальна робота з біомеханіки спорту. З 1958 р. біомеханіка включена в навчальний план усіх інститутів фізичної культури, після чого почали створюватися кафедри біомеханіки. На кафедрах спортивних дисциплін інститутів фізичної культури широко ведуться біомеханічні дослідження спортивної техніки. Біомеханічні методи успішно застосовуються науковцями, тренерами для дослідження якості техніки і контролю над її вдосконаленням.

Викладання біомеханіки у вищих фізкультурних навчальних закладах та наукові дослідження здійснюються в НДР, Польщі, Югославії, Румунії, Чехословаччини, Болгарії, Венгрії та інших країнах. У ряді зарубіжних країн викладання цієї навчальної дисципліни для спеціалістів фізичного виховання ведеться під назвою «кінезіології», «Аналіз рухів» та ін. У складі наукового комітету з фізичного виховання і спорту при ЮНЕСКО створена робоча група з біомеханіки. Проводяться міжнародні наради і симпозіуми з біомеханіки.

Біомеханіка фізичних вправ сприяє теоретичному обґрунтуванню низки

питань фізичного виховання. Біомеханіка спорту становить одну з основ теорії спортивної техніки. Вона допомагає обґрунтуванню найбільш раціональної техніки, шляхів оволодіння нею і технічного вдосконалення спортсменів.

Контрольні питання

1. Розвиток фізичних знань та зародження біомеханіки.
2. Розробка методик вивчення рухів.
3. Становлення теорії біомеханіки як науки.
4. Системно-структурний підхід і його значення для вдосконалення рухів.
5. Розвиток біомеханіки на сучасному етапі.

Лекція № 3.

Тіло людини як біомеханічна система

План

1. Механічні властивості ланок та їх сполук.
2. З'єднання ланок.
3. Ступеня свободи рухів.
4. Ланки тіла людини як важелі.

1. З позицій теорії механізмів і машин частини тіла людини, що мають рухомі сполуки, прийнято розглядати як ланки, складові біокінематичної пари та ланцюги. Ланки ланцюгів і їх з'єднання знаходяться під дією прикладених до них сил (навантажень). У цих умовах проявляються особливості будови і функції (механічні властивості) тіла людини, що впливають на виконання рухів.

Види навантажень і характер їх дії

Сили, прикладені до тіла і в сукупності викликають його деформації, називаються навантаженнями. (Деформація – зміна форми і розмірів.)

До основних видів деформацій відносяться: розтяг, стиск, вигин, крутіння і зсув. Кістки скелета і м'які тканини при деформації під дією сил (навантажень) протидіють їм.

Навантаження, що обумовлюють розтягнення, це самі характерні навантаження для м'яких тканин. Вони виникають, наприклад, при вісі або під час утримання вантажу в опущених руках.

Навантаження, що створюють стиск кісток і хрящів, зустрічаються найчастіше при вертикальному положенні тіла на опорі. У цьому випадку на скелет діють, з одного боку, сили тяжіння тіла і вага зовнішніх обтяжень, а з іншого тиск опори навантаження, що викликають вигин, зазвичай зустрічаються, коли кістки виконують роль важелів. У цих випадках прикладені до них сили м'язів і сили опору спрямовані поперек кісток і

викликають вигин.

Навантаження, що обумовлюють кручення, найчастіше зустрічаються при обертаннях рухах ланки навколо поздовжньої осі. За характером дії розрізняють навантаження статичні і динамічні. Перші зазвичай постійні за величиною і, як правило, відносно невеликі. Другі виникають при рухах, коли прикладені сили інерції; змінюються і можуть наростати до дуже великих величин (наприклад, навантаження на стиск після падіння з більшої висоти, навантаження на вигин при ударі). Такі динамічні навантаження, особливо чинних не в звичайному напрямку (наприклад, при ударі поперек кістки), можуть перевищити запас міцності тієї чи іншої ланки, тоді відбудеться пошкодження рухового апарату.

М'язи, суглобні сумки, зв'язки, а також хрящі, що з'єднують кістки скелета, деформуючись, зменшують дію динамічних навантажень. Особливо велику роль у пом'якшенні цієї дії грають завдяки своїй пружності м'яза. Якщо вони недостатньо амортизують навантаження, то пошкоджуються зв'язки і хрящі, а іноді навіть і кістки і самі м'язи.

Кістки, як тверді тіла, при передачі сил виконують роль важелів.

У біомеханіці розглядають в якості твердих важелів багато частин тіла (плече, суглоб та ін.); вважається, що вони не змінюють своєї довжини, не згинаються і не скручуються.

Пружні деформації.

Пружні деформації виникають в тілі під дією навантаження і зникають при її знятті. Зміна форми (деформація) тіл під дією прикладених до них сил – властивість всіх реальних тіл. Абсолютно твердих тіл, які не деформуються ні за яких умов, в природі не існує.

У разі пружної деформації форма тіла після припинення дії деформуючої сили відновлюється (наприклад, сталева пружина) на відміну від пластичної деформації, яка залишається після зняття навантаження, тобто колишня форма вже не відновлюється (наприклад, сира глина). Таким чином, пружність – здатність тіла самостійно відновлювати після деформації свою форму. Пружна сила (сила пружної напруги), протидіючи зміни форми, наростає і, врешті решт, припиняє деформацію як зупиняюча сила, в цей момент вона стає рівною деформуючому навантаженню. Ця ж пружна сила при знятті деформуючого навантаження відновлює колишню форму тіла як відновлююча сила. Напруга деформованого тіла вимірюється в кілограмах на квадратний сантиметр його розрізу.

Розглянемо залежність між деформацією тіла і напругою (на прикладі м'якої сталі). Можна виділити 4 основних варіанти:

-зона лінійної пружності – напруга прямо пропорційна деформації (ідеальна пружина). Після розвантаження деформація повністю зникає;

-зона нелінійної пружності на рівні прирощення деформації припадають все менші (як у м'якої сталі) або всі великі (як у м'язи) прирощення напруження; після розтягу форма тіла повністю відновлюється;

-зона пластичної деформації із збільшенням деформації напруження наростає; після розвантаження форма тіла відновлюється не повністю

(залишкова деформація);

-зона руйнування – тіло починає руйнуватися.

Зони деформації різні в різних тіл. Дещо спрощуючи, можна сказати, що у кожного тіла в певних умовах одна із зон більше інших. Тому прийнято називати тіло залежно від переважної зони деформації лінійно пружним, нелінійно пружним, пластичним або крихким. Як було сказано вище, після пружної деформації відбувається повне відновлення форми, після пластичної може відбутися деяке її відновлення але буде ще залишкова деформація.

У межах малих деформацій пружних тіл напруга пропорційна деформації. Це виражено в законі Гука: лінійна пружність - «розтягування навантаженого тіла прямо пропорційно навантаженню». Коефіцієнт E (коефіцієнт пропорційності) називається модулем Юнга (поздовжньої пружності). Він показує, наскільки змінюється напруга при деформації даного тіла, як тіло пручається деформації. Тіла, для малих деформацій яких необхідні великі навантаження, які викликають великі напруги, називаються жорсткими. Наприклад, для чавуну модуль Юнга дорівнює $900\ 000\ \text{кг/см}^2$; для шкіряного ременя – $2000\ \text{кг/см}^2$; для м'яза – від 10 до $120\ \text{кг/см}^2$ і більше. Вважають, що модуль м'язи може змінюватися більш ніж у 100 разів (наближені дані).

М'язи як пружні тіла володіють нелінійною пружністю і змінною жорсткістю.

2. З'єднання ланок в біокінематичної ланцюгах обумовлюють різноманіття можливостей рухів. Від способу з'єднання і значення м'язів у рухах залежить їх напрямок і розмах.

Кінематичні пари

Кінематична пара – це рухоме з'єднання двох ланок. Спосіб з'єднання накладає обмеження (зв'язку) на відносини руху (ступеня зв'язку); наявність рухомості в з'єднанні і надає ланкам певні можливості відновлюваного руху (ступеня свободи руху).

Розрізняють зв'язку: а) геометричні (постійні перешкоди переміщенню в якомусь напрямі) і б) кінематичні (обмеження швидкості, наприклад, м'язом-антагоністом).

Кінематичні пари бувають: а) поступальні – одна ланка може переміщатися поступально по іншому (наприклад, бокові рухи нижньої щелепи), б) обертальні (наприклад, повороти в найбільш поширених в тілі людини циліндричних і кулястих суглобах); в) гвинтові із поєднанням поступального і обертального рухів (наприклад, в голеностопному суглобі). Сполуки, що допускають поворот ланок пари, називаються шарнірами.

Кінематичні ланцюги

Кінематична ланцюг – це послідовне або розгалужене з'єднання ряду кінематичних пар. Кінематичний ланцюг, в якій кінцева ланка вільно, називають незамкненою, а ланцюг, в якій немає вільної кінцевої ланки, замкнутою.

У кожному з'єднанні незамкненою ланцюга можливі рухи. Вони геометрично незалежні від рухів в інших з'єднаннях (якщо не враховувати

взаємодії м'язів). Наприклад, вільні кінцівки, коли їх кінцеві ланки вільні представляють незамкнуті ланцюги. Замкнутими кінематичними ланцюгами в тілі людини є, наприклад, грудина, ребро, хребет, ребро і знову грудина.

Такі замкнуті ланцюги розімкнути неможливо. Незамкнуті можуть замикатися, причому часто через опору. У складній піраміді, складеної кількома акробатами, утворюються навіть свого роду «мережі» (в площині) і «решітки» (в просторі) з дуже складною взаємною залежністю рухів ланцюгів. У замкнутому ланцюгу неможливий одиночний ізольований рух, тобто рух в одному з'єднанні. Так, згинаючи і випрямляючи ноги у випаді, можна переконатися в тому, що рух в будь-якому суглобі неодмінно викликає руху і в інших. Таким чином, рух в незамкнутих ланцюгах характеризується відносно незалежністю ланок. У замкнутих, а також у тих, що замикаються, ланцюгах рух одних ланок впливає на рух навіть віддалених ланок. Наприклад, згинаючи руки в ліктьових суглобах в упорі лежачи (замкнутий ланцюг), можна або відводити плечі, або розгинати їх у плечових суглобах. Тоді будуть розтягувати, або приводять м'язи плеча (великі грудні, найширші спини та ін.), або згиначі (передні частини дельтоподібних). Тепер при розгинанні рук в ліктьових суглобах приводять м'язи або згиначі плечових суглобів в залежності від того, які м'язи розтягнуті, можуть передавати свою дію на ліктьові суглоби сприяти розгинанню рук в цих суглобах.

Передача дії м'язів на суміжні й віддалені суглоби характерна для замкнутих ланцюгів і часто має місце в подібних умовах роботи м'язів.

У замкнутих ланцюгах можливостей руху менше, але управління ними точніше, ніж в незамкнутих.

3. Число ступенів свободи рухів відповідає кількості можливих незалежних лінійних і кутових переміщень тіла.

Тіло, нічим не обмежене в рухах (може рухатися в будь-якому напрямку), називаються вільним. Рух вільного тіла можливо у трьох основних напрямках вздовж осей координат, а також навколо цих трьох осей; воно має 6 ступенів свободи руху.

Накладення зв'язків зменшує кількість ступенів свободи. Якщо закріпити одну точку тіла, то відразу знімається 3 ступеня свободи: тіло не зможе рухатися уздовж трьох осей координат і в нього залишаться лише можливості обертання навколо цих осей, тобто тільки три ступені свободи. Так з'єднані кістки тривісних (кульовидних) суглобів.

При закріпленні двох точок в тілі можливо обертання лише навколо лінії (осі), яка проходить через обидві точки. Так з'єднані кістки одневісних суглобів, що забезпечують одну ступінь свободи. Якщо ж закріпити три точки (не лежать на одній лінії), то руху тіла зовсім неможливо. Таке з'єднання нерухомо і, отже, не є суглобом.

Як відомо, двоосні суглоби (еліпсоподібний, променезап'ястний, сідлоподібний, перший зап'ястно-п'ястний) забезпечують другий ступінь свободи завдяки неповній взаємній відповідності своїх суглобових поверхонь (неконгруентність). З цієї ж причини, якщо рука в ліктьовому суглобі зігнута,

можливі приведення і відведення ліктьової кістки в плечеліктьовому зчленуванні (наприклад, при поворотах викрутки, штопора, ключа навколо осі, що проходить уздовж другої п'ясткової кістки. В переважній частини суглобів тіла людини 2-ї або 3-ї ступеня свободи. При декількох ступенях свободи рухів (двох і більше) можливо незліченна безліч траєкторій. Значить, в рухах в неордноосних суглобах відсутня визначеність, задана способом з'єднання. Тим більше це характерно для ланцюгів з декількома неордноосними суглобами.

Безліч можливостей рухів в суглобах кінематичної пари більш ніж з одним ступенем свободи в відмінності від технічної пари вимагає для виконання кожного виразного руху: а) вибір необхідності траєкторії, б) управління рухом по траєкторії (направленням і величиною швидкості) і в) регулювання руху, що розуміється як боротьба з перешкодами, які збивають з траєкторії.

Геометрія рухів

Число основних осей суглоба відповідає кількості ступенів свободи рухів однієї ланки щодо іншого. Площина руху перпендикулярна осі обертання і характеризує направлення переміщення ланки. Розмах рухів – це кутове переміщення ланки з одного крайнього положення в інше.

В суглобовому русі розрізняють ось, площину і розмах. Всі пари ланок зв'язані в суглобах нерозривно, як в шарнірах, тому вони можуть рухатися в основному тільки навколо осей (не рахуючи незначного ковзання). Однак не існує суглобів досконально правильної геометричної форми. А якби навіть такі і були, то при здавлюванні гіалінових суглобових хрящів форма суглобових поверхонь порушувалася б. Отже, геометричні осі обертання не постійні і правильніше говорити про миттєвих осях обертання. У зв'язку з цим кількість осей у суглобі означає в біомеханічному сенсі тільки кількість ступенів свободи руху, а не постійних геометричних осей обертання.

Поздовжні осі ланок найчастіше не строго перпендикулярні геометричним осям обертання. Тому різні точки ланок рухаються в площинах, паралельних один одному, а сама поздовжня ось ланки описує поверхні, близькі до кінцевих. Таким чином, плоска кістка руху в суглобі характеризує, в якій площині рухаються точки ланки. Вона перпендикулярна геометричній осі і не обов'язково збігається з площиною руху подовжньої осі самої ланки.

Розмахом рухів вимірюється рухливість в кожному окремому суглобі. Найбільшого розмаху буває в пасивних рухах; з збільшенням зовнішнього навантаження (вага обтяження, сили інерції). Розмах в активному русі менше, ніж в пасивному, так як там м'язи мають межу сили, в той час як величина зовнішніх сил не обмежена. До того ж сила власних м'язів пари ланок прикладена не вигідно при крайніх положеннях ланок в суглобі.

Рухливістю сусідніх ланок у з'єднаннях кожної пари обумовлює гнучкість всього кінематичного ланцюга в цілому. Гнучкість ланцюга (наприклад, хребта) вимірюється загальним розмахом руху кінцевого ланки щодо іншого кінця ланцюга.

Загальний розмах руху в цілому буває менше суми розмахів ізольованих рухів в суглобах, так як внаслідок пасивної недостаточності многосуставних м'язів виникають додаткові зв'язки.

4. Скелет, складений з рухомо з'єднаних кісток, являє собою тверду основу біокінематичної ланцюгів. Ланки ланцюгів з доданими до них силами (м'язової тяги та ін.) у біомеханіці розглядаються як система складових важелів.

Види важелів в тілі людини

Важіль – тверде тіло, яке може під дією прикладених сил обернутися навколо опори (осі) у двох протилежних напрямках, а також зберігати своє положення. Як найпростіший механізм, важіль служить для передачі руху і сили на відстань. Кожен важіль має точку опори, ось важеля дві взаємно протидіючі сили. Щоб визначити відстань до місця докладання зусиль від осі важеля, вимірюють плечі важеля. Щоб визначити відстані до напрямку дії сил від осі важеля, вимірюють плечі сил.

Важелі бувають **одноплечі** з точкою опори на кінці важеля і **двоплечі** (з точкою опори між кінцями важеля. Принципової різниці відносно роботи сил між ними немає. Ланки тіла людини мають у своїй основі кісткові важелі. Двоплечий важіль використовуються, наприклад, при збереженні положення стоячи, а одноплечі – у швидких рухах кінцівок. Одна і та ж ланка для різних м'язів може бути одноплечім, то двоплечім важелем.

Умови збереження положення ланок і їх руху як важелів

Для рівноваги важеля необхідно рівність моментів прикладених сил протилежно дії відносно осі важеля; для прискорення важеля – нерівність цих моментів сил.

В результаті дії протилежних сил ланка як важіль може: а) зберігати положення або продовжувати рух з попередньою швидкістю і б) отримати прискорення у бік тієї чи іншої сили. Ефект сумісної дії сил залежить від співвідношення їх моментів.

Якщо моменти обох сил дорівнюють, то або зберігається нерухоме положення важеля, чи триває рух зі швидкістю, бувшою в момент зрівнювання обох моментів.

Коли момент однією з сил більше моменту іншої сили, виникає прискорення в ту сторону, куди спрямована сила більшого моменту. Якщо більше момент сили м'язової тяги, м'яз скорочується, і плече важеля пересувається в її бік. Якщо більше момент сили обтяження, то м'яз розтягується, і плече важеля пересувається в іншу сторону.

Слід зауважити, що в розглянутих випадках важіль для спрощення розрахунку вважають невагомим і безінерційним. У дійсності ж ланки тіла людини володіють вагою і при прискореннях оказують інертну протидію в залежності від своїх моментів інерції.

В описаному вище прикладі важіль розташований горизонтально, тому напрямок ваги обтяження перпендикулярно важелю і плече сили збігається з плечем важеля. У рухах людини це буває рідко; найчастіше сили прикладені під гострим або тупим кутом. Тоді плече сили менше плеча важеля і, отже,

момент сили менше максимально можливого для даної величини сили. При тупому або гострому куті прикладання сили F плече сили – катет, а плече важеля – гіпотенуза в прямокутному трикутнику.

При рухах змінюються положення кісткових важелів і кути прикладання сил. Тому змінюються плечі сил. Довжина м'язів теж не залишається постійною, а тому і їх напруження стають більше або менше.

Таким чином, моменти сил, їх співвідношення, а звідси і умови збереження положення або руху частин тіла як важелів не постійні.

3. «Золоте правило» механіки в рухах людини

Робота, чинена силою, прикладеною на одному плечі важеля, передається на інше плече.

Сила тяги м'яза, прикладена на короткому плечі важеля, викликає у стільки разів більший зсув іншого плеча, у скільки перше плече коротше другого; це виграш в шляху. У зв'язку з тим, що різні шляхи проходяться за один і той же час, тут мається виграш у швидкості. Сила, передана на довге плече важеля, як раз у стільки ж разів менше, ніж прикладена. Таким чином, виграш у швидкості досягається за рахунок програшу в силі. Всі м'язи в тілі людини прикріплюються поблизу суглобів (коротке плече важеля); це призводить до виграшу в шляху (а, отже, і в швидкості) при програші в силі. При більшій частині положень кісткового важеля м'язові тяги спрямовані під гострим або тупим кутом до ланки (уздовж ланки), що тягне неоправні втрати в силі м'язів (зменшується обертаюча тяга). Нормальна ж (прихована) тяга в цьому випадку сприяє зміцненню суглоба, через який м'яз переходить.

При великих навантаженнях напружуються всі м'язи, що оточують суглоб, в тому числі і антагоністи. При цьому різко зростають втрати в сумарній тязі м'язів; в той же час досягається і позитивний ефект – зміцнення навантаженого суглоба.

У зв'язку з особливостями додатка м'язових тяг до кісткових важелів необхідні значні напруги м'язів для виконання не тільки силових, але і швидкісних рухів.

Вхідні в біокінематичної ланцюга ланки тіла утворюють системи складових важелів, в яких «золоте правило» механіки діє набагато складніше, ніж у простих одиночних важелях.

Контрольні питання

1. Механічні властивості ланок та їх сполук.
2. Види з'єднання ланок та ланцюгів, важелі та їх види.
3. Замкнуті та незамкнуті ланки та ланцюги, вплив на ступеня свободи рухів.
4. Ланки тла як важелі, види важелів, роль важелів в рухах людини.

Лекція № 4.

Біомеханічні особливості м'язів

План

1. Біомеханічні властивості м'язів.
2. Механічна дія м'язів.
3. Групові взаємодії м'язів.

1. М'язи як фізичні тіла володіють рядом механічних властивостей – пружністю, в'язкістю, повзучістю, релаксацією. Як біологічні об'єкти м'язи проявляють властивості збудливості і скоротливості. Всі названі властивості тісно взаємозв'язані, що важливо враховувати при біомеханічному дослідженні рухів.

Механічні властивості м'язів

Пружність проявляється у виникненні напруги в м'язі при її деформації під дією навантаження. В'язкість в повільній деформації внутрішніми силами (рідким тертям, молекулярні сили).

Пружність м'яза «довжина – напруга», отриманому на ізольованій м'язі у міру збільшення навантаження м'яз подовжується і при цьому зростає її напруга. Звідси випливає:

1) навантаження (P) розтягує м'яз, подовжуючи її (на ΔL), тобто для розтягування м'яза необхідно прикласти силу;

2) в міру подовження м'яза (на ΔL) її напруга збільшується (на ΔF); що викликає напругу м'яза (без додаткового збудження), тому необхідно її розтягнути;

3) прикладене навантаження (P) визначає величину напруги м'язи (F); таким чином, щоб отримати велику напругу, треба докласти велике навантаження і дія дорівнює протидії; «довжина-напруга» м'язи:

а – проява пружності (залежність деформації і напруги від навантаження),

б – прояв в'язкості.

4) пружність м'язи нелінійна отже, у міру значного розтягування однаково прирощення довжини м'яза дає все більші прирощення напруги;

5) при відсутності навантаження довжина м'яза (L) є найменшою «вільна довжина» м'язи в нерозтягнутому м'яз не напружена;

б) в умовах організму довжина м'яза (L_0) більше «вільної довжини» і м'яз декілька напружений, тобто завжди володіє «тонусом» спокою. Такі особливості пружних властивостей збудженої м'язи.

В'язкість м'язи як причина запізнювання деформації залежності «довжина – напруга».

Повзучість – це властивість м'яз змінювати з часом співвідношення «довжина – напруга»: навантажена (напружена) м'яз має відповідну довжину; через деякий час при тих же навантаженнях і напрузі ця довжина збільшується.

Релаксація полягає в тому, що м'яз, зберігаючи довжину, поступово з часом зменшує своє напруження, розслабляється.

Сукупність цих механічних властивостей (пружнов'язких, повзучості і релаксації) у різних поєднаннях в різних умовах по суті, і є те, що називається еластичністю м'язів. Високоеластичної м'язі властиві

розтяжність, велика жорсткість при великому розтягуванні (нелінійна пружність) і малі втрати енергії (невелика в'язкість) при деформаціях. І хоча механізм, що забезпечує названі властивості, ще неповністю пояснений, їх прояв дуже важливо враховувати при вивченні способів підвищення ефективності дії м'язів у рухах.

Режими роботи м'язів

Режим роботи м'яза визначається зміною або її довжини, або її напруги, або того й іншого одночасно.

Збудливість м'яза проявляється в зміні як її напруги, так і механічних властивостей пружності, в'язкості та ін. У результаті збудження хімічна енергія в м'язі обертається в механічну. Збуджений м'яз при тому ж навантаженні і напрузі має меншу довжину, не змінюючи свого напруження, вона скорочується.

Робота м'язів проявляється у збудженні: це режими – ізотонічний, ізометричний, ауксотонічний.

Якщо в підготовчому русі (наприклад, замах, підсід) м'яз перед скороченням розтягується, то вона гальмує рух; кінетична енергія тормозної ланки переходить у потенційну енергію пружної деформації м'язи. Тепер розтягнутий м'яз напружена; в ній накопичена потенційна енергія пружної деформації. З початком активного руху при порушенні м'язи в ній з'являється механічна енергія напруги, що звільняється при біохімічній реакції. Вся біопотенціальна енергія м'язу складається з перетвореної біохімічної і пружної механічної. Перетворення всієї біопотенціальної енергії м'язів в механічну (кінетичну) по різному проявляється в різних умовах роботи м'яза. У реальних рухах в живому організмі такий режим навряд чи може зустрічатися. При рухах змінюються моменти сил м'язової тяги, а також інших сил, оскільки змінюються кути їх додатки, а у м'язів і їх довжина. Збільшувати величину напруги м'язи в цих умовах практично неможливо, та це й не потрібно. При неподоланих перешкодах довжина м'яза не змінюється, проте напруга її внаслідок порушення збільшується. Це випадок «статичної роботи» м'язів при збереженні положення тіла. Для роботи м'язів людини при рухах звичайний так званий ауксотонічний режим пов'язаний зі зміною і довжини, і напруження м'яза. Цей режим правильніше було б називати «ауксонічним», враховуючи, що змінюється не тільки напругу, але і довжина м'яза.

До анатомічних умов прояву тяги м'яза відносяться будова м'яза і її розташування (в даний момент руху). Від будови м'яза залежить її фізіологічний поперечник, котрий визначають по перерізу, що проходить через всі волокна в м'язі перпендикулярно їх осях. Але справа не тільки в сумарній силі тяги всіх волокон м'яза, від розташування волокон залежить і ступінь нелінійності пружних властивостей. Так, в м'язах з косим ходом волокон при малому розтягуванні відбувається дуже велике збільшення пружних сил. Розташування м'язи щодо осі суглоба і ланки в даний момент руху впливає, по-перше, на величину плеча сили, а стало бути, і величину моменту сили тяги. При гострих (менше 45 °) і тупих (більше 135 °) кутах

обертаюча тяга менше зміцнюючої. По-друге, розташування м'язів впливає на напрямок тяги м'язи. Напружений м'яз прагне зблизити місця прикріплення (центри їх площ) обох своїх кінців. Тільки якщо черевце або сухожилля переходить через кістковий виступ (блок), то напрямок тяги визначається прямою, яка з'єднує середину товщі м'язи над цим блоком з місцем її прикріплення.

Фізіологічні умови, що визначають величину тяги м'яза, в основному зводяться до умов збудження м'яза і його зміни, зокрема при стомленні. Як відомо, пучок від 10 до 3000 м'язових волокон (міон) інервується одним нервовим волокном – відростком однієї рухової нервової клітини передніх рогів сірої речовини спинного мозку. Від кількості порушених міонів в основному залежить сила тяги м'яза. Максимальне збудження найбільшої кількості міонів забезпечує найбільшу силу тяги м'яза.

У зв'язку з втомою істотно змінюється працездатність м'язи. Це слід враховувати при біомеханічному дослідженні спортивної техніки.

Результат тяги м'яза

Результат додатка тяги м'яза в кінематичного ланцюга залежить від: а) закріплення ланок; б) співвідношення сил, які викликають рух, і сил опору, в) початкових умовах обертання.

Щоб визначити результат тяги м'яза, недостатньо встановити величину і напрям цієї тяги. При різних умовах закріплення ланок одна і та ж тяга приводить до неоднакового результату, різним рухам ланок в суглобі. У кінематичній парі може бути закріплено одну ланку, або обидві вільні, або обидві закріплені. Відповідно виникненню прискорення тієї чи іншої ланки, або обох разом (зустрічні рухи), або з'єднання буде фіксовано. Для двосуглобного м'язу, не кажучи вже про багатосуглобний, число можливих варіантів результату у багато разів більше.

Коли один або обидві ланки можуть рухатися вільно, величина прискорення залежить від обертаючого моменту, моменту сил зовнішнього опору і розподілу мас ланки. Інакше, рух залежить від того, яке співвідношення рушійної сили та відповідного опору.

Нарешті, особливо важливі початкові умови обертання, положення ланок пари зростанні їх руху (напрямок і величина) в момент придання сили. Від них залежить ефект тяги м'яза.

У кінематиці поділяють ті ж фактори, що визначають результат тяги кожного м'яза. Але так як в кінематичного ланцюга всі ланки так чи інакше взаємопов'язані, то в кожному конкретному випадку лише сукупність усіх факторів визначає, результат роботи м'язів в цілому.

Види і різновиди роботи м'язів

В залежності від зміни довжини м'яза розрізняють наступні види її роботи: а) статична (ізометричний режим) – довжина м'яза не змінюється, б) динамічна – м'яз або коротшає (подолаюча робота – міометричний режим). Залежно від поєднання трьох видів роботи м'яза (зміна довжини) з можливими варіантами зміни її напружень може бути дев'ять елементарних (типових) різновидів роботи м'язів.

При збереженні положення тіла частіше зустрічається постійна фіксація (постійна довжина). У рухах найбільш звичайні розгін до максимуму швидкості і гальмування до зупинки. У точних рухах характерно пригальмовування. Силова робота виконується з напругами в рухах «до відмови» і посиленням фіксації.

При виконанні одної і тої ж дії можуть мати місце зміни (іноді неодноразово) різновидів роботи у однієї і тієї ж м'язи. Найхарактерніша зміна роботи з поступової на подолаючу. М'яз, що розтягується, поглинає кінетичну енергію гальмівної ланки, перетворюючи її в потенційну енергію пружної деформації і при наступному скороченні, знову на кінетичну енергію (реверсивний режим зі зміною напрямку руху).

3. М'язи, що впливають на рухи біокінематичної ланцюгів, як правило, функціонують не ізольовано, а групами. Взаємодії здійснюється між м'язами усередині груп, а також між групами м'язів.

Робочі та опорні напруги

Робочі напруги м'язів (динамічна робота) обумовлюють рух, а опорні напруги м'язів (статична робота) створюють необхідну для цього опору.

Найчастіше людина рухається, зберігаючи опору. При цьому можна чітко виділити ланки, які мають зв'язок із загальною опорою тіла, тобто опорні ланки, і рухомі щодо опорно-рухових ланок. Крім того, багато ланок тіла служать опорою для м'язів, викликають і забезпечують рух інших ланок. Вони також діляться на опорні і рухливі ланки. Опорні ланки зберігають взаємне розташування, а іноді і зв'язок з опорою, завдяки м'язам. В тілі створюється опорна ланцюга («стійка» механізму), як би фундамент для рухомих ланок. У цьому випадку рухливі ланки (робочий ланцюг) отримують закріплені точки для м'язів, створюють робочі напруги. Одна частина м'язів безпосередньо пов'язана з опорними ланками; інша розташована між рухомими ланками. М'язи, розвиваючи опорні напруги, виконують статичну роботу.

При рухах людини поза опори ланцюга ланок його тіла нерідко об'єднуються в блоки завдяки опорним напруженням м'яза. У цих випадках рухи відбуваються не у всіх суглобах тіла.

Часто в діях спортсмена статичні опорні напруги замінюються опорними динамічними напругами з малим розмахом руху. Так, тулуб при різних видах ходьби або бігу зазвичай не зафіксовано повністю: майже завжди його опорна функція здійснюється при рухах з малим розмахом.

Якщо робочі напруги м'язів, що викликають рух рухомих ланок, великі, то опорні напруження, що закріплюють нерухомі ланки, теж повинні бути великі. Їх напруги взаємопов'язані.

Взаємодіючі групи м'язів

М'язи, що оточують суглоб, при русі розділяються на функціональні групи: а) синергісти (спільної дії), що виконують долають роботу, і б) їх антагоністи (протилежної дії), що виконують поступливу роботу.

М'язи-синергісти тягнуть під кутом один до одного. Одна складова тяги у них спрямована однаково (рухаюча тяга), а інша протилежно. Протилежно

спрямовані складові взаємно нейтралізуються, а однаково направлені підсумовуються. По-особливому беруть участь в рухах м'язи антагоністи. Немає такого руху, при якому вони не розтягувалися б. Будучи розтягнутими, вони можуть викликати рух ланки тіла в зворотному напрямку (зворотний рух).

Суглоби, забезпечують більш однієї ступені свободи для ланок пар, оснащених м'язами, що мають різні напрямки тяги. У всіх синергістів є складові тяги, спрямовані в бік руху. Ці складові в сумі створюють рушійну рівнодійну тягу.

Всі антагоністи розтягуються при русі. Одна складова тяги у них спрямована однаково проти руху, гальмуюча тяга. Оскільки антагоністи (як і синергісти) тягнуть під кутом один до одного, то вони мають не тільки гальмувати, але й відхиляти (нормальні) тяги.

Зміна співвідношення нейтралізуючих один одного (нормальних) складових тяги синергістів і антагоністів може змінити напрямок руху. При цьому створюється перевага сумарної відхиляючої тяги в ту або іншу сторону.

Тепер розглянемо спільну дія всіх тяг, прикладених до ланки. Від співвідношення рухаючої і гальмуючої тяг залежать величина рівнодійної (прискорювальної або зменшувальної) сили, прискорення ланки і, отже, величина його швидкості, а від співвідношення направляючих тяг – величина сили, яка визначає напрямок руху. Зміна напрямку швидкості характерна для багатовісних суглобів, в яких можливо незліченна безліч варіантів направлення рухів. Зміна ж величини швидкості має місце у всіх суглобах і одноосних, і багатовісних.

Моментами всіх м'язових тяг відносно осі суглоба (головним моментом м'язів) визначаються прискорення ланки під дією сукупності працюючих м'язів. Оскільки моменти тяг змінюються, головний момент м'язів непостійний.

Спільна тяга груп м'язів і дія інших зовнішніх сил для ланки сил визначають в якому суглобі величину швидкості, а в суглобах з багатьма ступенями рухливості ще й напрямок руху.

«М'язи – головні гальма руху», писав П. Ф. Лесгафт. Саме антагоністи гальмують рухомі ланки тіла і зупиняють його, здійснюючи пружну амортизацію при перевантаженні, попереджуючи від руйнування кістки, хрящі, зв'язки, суглобові сумки.

Один з найбільших російських фізіологів О. О. Ухтомський звертав особливу увагу на те, що в кожному неодновісному суглобі закладені можливості безлічі механізмів (неповнозв'язний механізм). Спільна дія груп м'язів перетворює біокінематичні пару з неодновісним зчленуванням в біодинамічно повнозв'язний механізм з єдино можливим напрямком руху, тобто винятком всіх останніх.

Крім функціональних груп м'язів одного суглоба (синергісти, антагоністи) існують і інші групи спільно діючих м'язів. Двусуставні м'язи ряду суглобів одного кінематичного ланцюга при русі в одному суглобі

обумовлюють, розтягуючись і напружуючись, содружній рух в сусідніх суглобах, це так названа м'язова координація. Так, при згинанні тазостегнового суглоба згинається колінний (тяги двосуглобних м'язів задньої поверхні стегна) і розгинається гомілковостопний (тяги м'язів передньої поверхні гомілки) суглоби.

Нарешті, в замкнутих ланцюгах можна розрізнити групи спільно діючих м'язів, обумовлюючих завдяки передавальній дії одночасні рухи в суглобах замкнутого ланцюга.

Контрольні питання

1. Структура будови м'язів та їх біомеханічні властивості.
2. Механічна дія м'язів.
3. Групові взаємодії м'язів.

Лекція № 5.

Динамічні особливості сили в рухах людини

План

1. Роль сили в рухах людини.
2. Сили м'язової тяги.
3. Сили пасивної протидії.

1. Роль сил в рухах людини. У класичній механіці вивчається дія механічних сил незалежно від їх джерел, їх походження. У біомеханіці ж істотно саме те, які джерела сил і, послідовно, яка «ціна» використовуваної сили для організму людини. Всі сили, прилягання до рухового апарату людини, в біомеханіці прийнято розглядати в якості так званого силового поля.

Розрізняють зовнішнє силове поле як сукупність всіх зовнішніх для людини сил і внутрішнє – як сукупність внутрішніх сил.

Зовнішнє силове поле проявляється як сили опору. Їх робота негативна; для її подолання затрачається енергія руху і напруги м'язів. Подолання робочих опорів становить головне завдання рухів людини (наприклад, в подоланні ваги штанги і полягає мета рухів з штангою).

Шкідливі опору поглинають корисну роботу; вони в принципі непереборні (наприклад, сили тертя лиж по снігу).

Зовнішні сили використовуються людиною в його рухах і як рушійні. Для звершення необхідної роботи, для подолання людиною сил опору можуть використовуватися вага, пружні сили, інерційні та ін зовнішні сили є в цьому випадку «даровим» джерелами енергії, оскільки людина витрачає менше внутрішніх запасів енергії м'язів.

Людина долає сили опору м'язовими силами та відповідними зовнішніми і вчиняє як би дві частини роботи: а) роботу, спрямовану на подолання всіх опорів (робочих і шкідливих), і б) роботу, спрямовану на повідомлення прискорень своїм органам руху і переміщенням зовнішніх

об'єктів.

У біомеханіці сила дії людини – це сила дії на зовнішнє фізичне оточення, переданого через робочі точки тіла людини.

Робочі точки, стикаючись із зовнішніми тілами, передають рух (кількість руху, а також кінетичний момент) і кінетичну енергію (поступального і обертального руху) зовнішніх тіл. Сила дії людини може бути статичною, якщо вона урівноважена зовнішніми силами, і динамічною, якщо вона викликає відповідні прискорення (позитивні, негативні, тангенціальні, нормальні).

Завдання рухів, що відносяться до спортивної техніки, в самому загальному вигляді полягає у зменшенні дії опорів і збільшенні ефективності сили дії людини з найкращим використанням рушійних сил – активних м'язових тяг і особливо сил, що мають інші джерела.

До числа гальмівних сил, що входять до опору, відносяться всі зовнішні і внутрішні сили, в тому числі і м'язові. Які з сил будуть грати роль шкідливих опорів, залежить від умов конкретної вправи. Тільки реактивні сили – сили опорної реакції і тертя – не можуть бути рушійними силами: вони завжди залишаються опорами – як шкідливими, так і робочими.

Ефективність додатка сил в механіці визначають за коефіцієнтом корисних дій, наслідком (к. п. д.): відношення роботи по подоланню робочих опорів до роботи рушійних сил. Чим більше к. п. д., тим ефективніший рух.

При енергетичних розрахунках для оцінки ролі сили визначають потужність сили, характеризуючи важливу сторону її ефекту виконання роботи.

Потужність сили – це міра швидкості приросту роботи сили. Потужність сили визначається як відношення виконаної роботи до витраченому на цю роботу часу:

$$N = A / \Delta t,$$

де N – потужність; F – сила, що здійснює роботу; Δs – елементів шлях; Δt – час, витрачений на подолання шляху Δs .

Внутрішнє силове поле включає і рух сили і опору (як робочі, так і шкідливі). У рухах людини рушійні сили є не завжди (їх може не бути в рухах по інерції), а гальмують – завжди. У зв'язку з тим що всі рухи в суглобах характеризуються криволінійними траєкторіями, у всіх випадках прикладені відхиляючі (центробіжні) сили. Від співвідношення всіх названих сил залежить прискорення ланок.

Як вже вказувалося, рухів людини без прискорень в принципі не буває. Послідовно, у всіх рухах виникають сили інерції, напрямок яких протилежно напрямку прискорень. Сили інерції зовнішніх тіл ставляться до зовнішніх сил; сили інерції, що викликаються взаємодією частин тіла людини, – до внутрішніх. Надзвичайний достаток сил інерції (реальних – ньютонівих) дуже ускладнює управління рухами і, звичайно, їх аналіз. При розгляді складеного руху кінематичних ланцюгів необхідно враховувати також численні переносні і поворотні сили інерції, що виникають в кінематичних ланцюгах. Варто постійно пам'ятати при обертальному характері рухів:

момент навіть постійної сили зі зміною кута її додатка змінюється.

2.Спільні дії сил. Зовнішні та внутрішні відносно тіла людини сили діють на нього спільно. Всі ці сили незалежно від їх джерела, як механічні сили, змінюючи механічний рух. У цьому сенсі вони знаходяться в єдності, як матеріальні сили: можна проводити при дотриманні відповідних умов їх складання, розкладання, приведення та інші операції.

Зовнішні сили, діючи на тіло людини, викликають появу і зміну внутрішніх сил. Це механічні сили протидії, в число яких входять обумовлені біологічні чинники сили м'язової тяги.

За допомогою внутрішніх сил м'язової тяги людина може викликати своєю дією появу і зміну зовнішніх сил, керуючи у відомих межах їх впливом на самого себе.

Сили м'язової тяги – єдині внутрішні джерела енергії людини. Тільки завдяки цим силам людина може виконувати всі інші сили і керувати рухами.

Рухи людини являють собою результат спільної дії зовнішніх і внутрішніх сил. Зовнішні сили, як виражають рух зовнішнього середовища, зумовлюють багато особливостей рухів. Внутрішні сили, як єдині безпосередньо керовані людиною, забезпечують правильне виконання заданих рухів.

У міру вдосконалення рухів стає можливим використовувати м'язові сили. Технічна майстерність проявляється в підвищенні питомої ваги зовнішніх і пасивних внутрішніх сил як рушійних сил. При необхідності забезпечується не тільки економність (заощадження сил), економічність (високий к. п. д. м'язових сил), але і високий максимум м'язових сил і значна швидкість досягнення цього максимуму при русі.

3.При біомеханічному дослідженні рухів людини розглядають зазвичай внутрішнє щодо його тіла сили. Вони виникають при взаємодії частин біомеханічної системи тіла. Внутрішні сили механічної системи – міра взаємодії тіл, з яких вона складається. Вони не можуть самі по собі змінювати рух ЗЦТ системи та її кінетичний момент. Внутрішні сили здійснюють притягання і відштовхування всередині системи, між її частинами. В абсолютно твердому тілі вони попарно взаємно врівноважуються. В системі внутрішні сили попарно не врівноважуються, якщо прикладені до різних частин системи (тілам), – кожна виробляє свою дію. До внутрішніх сил тіла людини відносяться сили м'язової тяги і сили пасивної протидії органів і тканин.

Сили м'язової тяги. Сили м'язової тяги прикладені до ланок кінематичних Це в середині тіла. М'язи у своїй активності завжди об'єднані в групи. Сили тяги кожного м'яза змінюються. Тому змінюються і тяги окремої групи м'язів і тяги взаємодіючих груп м'язів. М'язи можуть по ходу руху включатися в роботу, виключатися з неї, а також, змінюючи функцію, переходити з однієї групи в іншу. Спільна дія м'язів забезпечує збереження і направлення зміни взаємного розташування ланок.

Робота м'язів – основне джерело енергії рухів людини (енергетична

функція). М'язи, змінюючи положення частин тіла, зумовлюють його вплив на опору, середовище і зовнішні тіла. За допомогою м'язових тяг людина управляє рухами, використовуючи зовнішні сили та інші внутрішні сили (керуюча функція)

Сили пасивної протидії. Сили пасивної протидії включають: опорні реакції в суглобах і місцях прикріплення м'язів і зв'язок, сили сухого і рідинного тертя, сили інерції при прискореного рухах ланок, органів і тканин, а також пружні сили деформації пружних утворень.

При передачі сил по кінематичним ланцюгах у вигляді сил тиску кісток один на одного в суглобах (внаслідок впливу ваги частин тіла і зовнішніх тіл, а також доданих до кісток тяг м'язів і зв'язок) виникають опорні реакції. Взаємне зміщення органів і тканин при дотику викликає сили тертя. До них відносяться і тертя зі змащенням (типу граничного і напівсухого) і рідинне тертя як в рідких тканинах і в прошарках між органами, так і в м'яких тканинах при їх деформації (в'язкість).

Внаслідок деформацій тіла людини виникають також пружні сили в пасивній частині рухового апарату. Мова йде в першу чергу про пружні сили в зв'язковому апараті великих суглобів і з'єднань таких кінематичних ланцюгів, як хребет.

Всі внутрішні сили часто називають на відміну від зовнішніх зусиль. У біомеханіці зусиллями іменують тільки сили м'язової тяги.

Контрольні питання

1. Роль сили в рухах людини, зовнішні та внутрішні сили.
2. Сили м'язової тяги їх вплив на рухи.
3. Сили пасивної протидії.