

ЗАНЯТТЯ №1

ТЕМА: Організація роботи при проведенні лабораторних занять.

Загальні методичні вказівки. Техніка безпеки

1. Кількість годин– 2.

2. Підготовка до виконання лабораторної роботи.

Студент повинен опрацювати методичний матеріал даної теми самостійно, а саме: ознайомитись з метою роботи, приладами або установками, які використовуються при виконанні лабораторної роботи, вивчити описану методику дослідження й чітко знати порядок виконання роботи (хід роботи).

Готуючись вдома по даній темі, студент повинен записати коротко теоретичні відомості, вказати основні формули для обчислення, методику, накреслити таблицю вимірювальних величин, продумати методи обчислення похибок.

3. Виконання лабораторної роботи.

У біофізичну лабораторію студент-реабілітолог прийти в належній формі: білий халат. На робоче місце необхідно брати зошит, підручник, лінійку, олівець, персональний мікрокалькулятор.

При виконанні лабораторної роботи необхідно дотримуватись правил техніки безпеки:

Під час роботи необхідно бути уважним й обережно працювати з приладами.

Не включати установки й електроприлади в електричну мережу без перевірки викладачем.

Не дозволяється переносити прилади та вмикати їх в інші установки.

Проводити дослідження дозволяється лише тоді, коли добре вивчені правила користування приладами, їх будова, методика дослідження.

Не проявляти свою ініціативу по налагодженню приладів – це повинен робити спеціаліст.

Після перевірки викладачем даних дослідження, необхідно вимкнути прилади, установки з електричної мережі й навести порядок на робочому місці.

Черговий студент повинен здати лабораторію викладачеві або лаборанту кафедри.

Усі виміри, розрахунки робити самостійно, охайно, з максимальною точністю, бути ввічливим до товаришів по роботі. Після закінчення роботи необхідно захистити свої результати та підписати протокол у викладача.

Якщо студент з якоїсь причини пропустив заняття, то одержавши дозвіл у деканаті, він повинен відпрацювати дане заняття на кафедрі в чергового викладача, згідно з графіком відробок, не пізніше двох тижнів від дати проведення пропущеного заняття.

ЗАНЯТТЯ № 2

ТЕМА: Система одиниць вимірювання. Обчислення похибок. Методи вимірювання лінійних розмірів, ваги та маси.

1.Кількість годин – 2.

2.Матеріальне та методичне забезпечення теми: лінійка, штангенциркуль, мікрометр, торзійні терези.

3.Обґрунтування теми: Повсякденно нам доводиться мати справу зі всілякими вимірюваннями. Такі величини, як довжина, площа, об'єм, час, вага зустрічаються на кожному кроці й відомі людині з давніх часів. Без них неможливими були б торгівля, будівництво, розподіл землі й т.п.

Особливо велике значення вимірювання мають у реабілітації та науковому досліді. Такі науки, як механіка, фізика, стали називатися точними саме тому, що завдяки вимірюванням отримали можливість установлювати кількісні співвідношення, які відбивають об'єктивні закони природи. Саме цьому біофізика, яка є наукою, що використовує фізичні методи досліджень при вивченні біологічних об'єктів, не може обійтись без вимірювань.

4. Мета заняття: Вивчити основні та похідні одиниці міжнародної системи одиниць *SI*, ознайомитись з походженням та аналізом похибок, які виникають у процесі вимірювання, опанувати методіку вимірювання деяких величин (лінійні розміри, вага, маса).

5. Теоретичні відомості:

a) Система одиниць SI. Виміряти будь-яку величину – це значить знайти співвідношення цієї величини з відповідною одиницею виміру. Виникає питання, з яких міркувань потрібно вибирати кількість і розмір одиниць виміру? Система фізичних величин може бути описана цілком визначеною кількістю рівнянь зв'язку, а сукупність одиниць, в яких виражені величини, що входять у ці рівняння, утворюють відповідну систему одиниць.

Очевидно, що при побудові тієї чи іншої системи одиниць, деякі з них слід знати заздалегідь, а решту можна отримати, виходячи з рівнянь зв'язку. Відповідно цьому розрізняють основні та похідні одиниці виміру. Так, у системі *SI* виявляється, що семи основних та двох допоміжних одиниць виміру достатньо для побудови всієї кількості одиниць виміру фізичних величин, яких налічується декілька сотень. Перелічимо ці одиниці:

- одиниця довжини – метр (м),
- одиниця часу – секунда (с),

- одиниця маси – кілограм (кг),
- одиниця температури – градус Кельвіна (К),
- одиниця сили струму – Ампер (А),
- одиниця кількості речовини – моль,
- одиниця сили світла – кандела (кд).

Допоміжні одиниці – одиниці плоского та тілесного кута – радіан та стерadian.

б) Прямі та побічні вимірювання. При прямому вимірюванні результат отримується безпосередньо із порівняння самої величини з одиницею виміру. Але прямі вимірювання не завжди можливі або недостатньо точні. У цих випадках застосовують побічні вимірювання – коли величину знаходять по відомій залежності між нею й величинами, що вимірюються безпосередньо.

в) Похибки вимірювання. Кожне вимірювання неминуче пов'язане з його похибками. Саме тому при вимірюванні завжди необхідно зазначати його точність вимірювання. Для цього разом з отриманим результатом приводять похибку вимірювання. Наприклад, довжина предмета складає 28 ± 1 мм. У залежності від джерела похибок вимірювання розрізняють методичні похибки, пов'язані з недосконалістю метода вимірювання, та інструментальні, зумовлені недосконалістю технічних засобів, що використовуються при вимірюванні. Крім того, за характером прояву розрізняють систематичні похибки, які залишаються незмінними при вимірюванні, та випадкові, які з'являються випадково, за рахунок неконтрольованих коливань параметрів, які впливають на величину, що вимірюється. Аналіз випадкових похибок проводиться методами математичної статистики. Щодо систематичних похибок, то вони не підлягають подібному аналізу.

6. Завдання для самостійної роботи.

а) Перелік питань, що підлягають самостійному вивченню:

- порівняння різних систем одиниць виміру;
- вибір прототипів та еталонів основних одиниць у системі *SI*;
- абсолютні та відносні похибки;
- обчислення абсолютних та відносних похибок за допомогою диференціювання;
- будова штангенциркуля, мікрометра та торзійних терезів;
- визначення ціни поділки вимірювальних приладів та абсолютної похибки по класу точності приладу.

б) Перелік робіт, що підлягає виконанню:

Завдання 1. Вимірювання лінійних розмірів тіл за допомогою штангенциркуля та мікрометра.

- виміряти штангенциркулем висоту циліндра (H);
- виміряти діаметр циліндра (D);
- виміри зробити три рази й дані записати в таблицю;
- обчислити об'єм тіла (V);
- обчислити абсолютну та відносну похибку;
- зробити ті ж процедури за допомогою мікрометра;
- обчислити середні значення отриманих величин;
- результати занести в таблицю:

| № п/п | штангенциркуль | | | мікрометр | | |
|----------|----------------|----------|-----------------------|-----------|----------|-----------------------|
| | H , мм | D , мм | V , мм ³ | H , мм | D , мм | V , мм ³ |
| 1 | | | | | | |
| 2 | | | | | | |
| 3 | | | | | | |
| сер.зн | | | | | | |

Завдання 2. Визначити масу тіла на торзійних терезах.

- встановити терези по рівню;
- поставити аретир у положення “відкрито”;
- вказівну стрілку перемістити в нульове положення шкали циферблата, при цьому покажчик повинен співпадати з контрольною рисою рівноваг;
- поставити аретир у положення “закрито”;
- покласти тіло, яке зважується, у чашку терезів чи підвісити його безпосередньо до гачка;
- поставити аретир у положення “відкрито”;
- перемістити вказівну стрілку, поки покажчик співпаде з контрольною рисою рівноваги;
- зафіксувати вагу тіла й поставити аретир у положення “закрито”;
- зважування провести три рази;
- обчислити середнє арифметичне значення ваги тіла.

в) Перелік практичних навичок, якими необхідно оволодіти:

- вміти визначати ціну поділки вимірювальних приладів;
- вміти вимірювати лінійні розміри за допомогою штангенциркуля та мікрометра;
- вміти визначати вагу тіла на торзійних терезах;
- вміти визначати похибки вимірювання.

Література:

- 1.Агапов Б.Т. Лабораторный практикум по физике. – М.: Высшая школа, 1982, с. 9-16.
- 2.Лисенков А.А. Международная система единиц СИ. – М.: Наука, 1966.

3. Ремизов А.Н. Медицинская и биологическая физика. – М.: Высшая школа, 1987, с. 19-24.

ЗАНЯТТЯ № 3

ТЕМА: Обладнання для знімання медичної інформації.

1. Кількість годин – 2.

Обладнання для знімання медичної інформації є з'єднуючою ланкою між досліджуваним організмом і приладами для підсилення сигналів, одержаних від організму, їх відображення, реєстрації, обробки, передавання по каналах зв'язку, тощо. Ми розглядатимемо тільки те обладнання, в якому вихідним сигналом є електричний сигнал. За допомогою такого обладнання ми неначе переводимо інформацію, одержану від організму, в електричні сигнали, без яких у подальшому стає неможливим перетворення вихідної інформації.

Усі вимірюючи та реєструючи медичні параметри можна поділити на дві групи: безпосередньо вимірювані й посередньо вимірювані.

До безпосередньо вимірюваних відносяться, наприклад, рухи, пов'язані з серцевим скороченням, температура тіла, біопотенціали тощо.

До посередньо вимірюваних параметрів організму відносяться такі, що самі по собі не можуть бути виміряні або їх вимірювання проводити важко, але порушення роботи яких спричиняє зміни інших показників, які більш вигідні для вимірювання. До них належить, наприклад, електричний опір ділянок тіла, зміна ступеня поглинання світла тканинами організму тощо.

Необхідно підкреслити, що до обладнання для знімання медичної інформації ставляться такі вимоги: одержання стійкого інформаційного сигналу; мінімальне спотворення сигналу; максимальний захист від

різних перешкод; вигідне розміщення в місці вимірювання; відсутність стороннього подразника чи іншого впливу на організм; можливість стерилізації (без зміни їх характеристик); багаторазове використання та достатня дешевизна.

Усе обладнання для знімання медичної інформації ділять на дві групи: електроди й датчики.

Електроди – це провідники спеціальної форми, з допомогою яких в електричне коло під'єднуються ділянка тіла або орган живого організму. Вони передовсім використовуються для знімання електричного сигналу при електрокардіографії (ЕКГ), електроенцефалографії (ЕЯГ), електроміографії (ЕМГ), електроокулографії (ЕОГ), електрогастрографії (ЕГГ). Електроди також використовуються для підведення до організму деякого зовнішнього електричного впливу: при електрофорезі, при використанні для лікування імпульсного струму, при реографії, при користуванні апаратом “Електросон” та іншими.

До електродів, які використовуються для знімання медичної та біологічної інформації, ставляться такі вимоги: вони повинні швидко фіксуватися та зніматися, бути дешевими, мати високу стабільність електричних параметрів, бути пластичними, з достатньою механічною міцністю, не давати артефактів і перешкод, давати мінімум втрат знімаючого сигналу, особливо на перехідному опорі електрод–шкіра.

Необхідно підкреслити, що величина перехідного опору залежить від роду металу, з якого виготовлений електрод, властивостей шкіри, площі стикання з електродом і від електропровідності середовища між ними. Між чистою сухою шкірою та електродом перехідний опір досягає величини сотень кілоом. З метою зменшення його між електродом і шкірою прокладають змочену фізіологічним розчином

марлеву серветку або використовують спеціальні електропровідні електродні пласти, які дають набагато кращий результат електропровідності, ніж прості електроліти. Перехідний опір зменшується також із збільшенням площі стикання між електродом і шкірою, але при цьому знижується рівень знімаючої інформації.

Необхідно підкреслити важливе значення поляризації електродів, яке викликає спотворення форми реєструючого сигналу, а в окремих випадках може зробити реєстрацію його зовсім неможливою. Таке явище є небажаним і може бути усунене шляхом підбору матеріалу для електродів і використання спеціальних електродних паст. Матеріалом для виготовлення поляризованих електродів може бути золото, платина, срібло, паладій, сплави з іридієм та інші.

Характеристики й конструкції електродів в основному залежать від мети їх призначення. По призначенню електроди можна поділити на чотири групи:

- 1) для одноразового застосування (у кабінеті функціональної діагностики);
- 2) для тривалого безперервного спостереження біоелектричних сигналів (у умовах палат реанімації, інтенсивної терапії);
- 3) для динамічного спостереження (в умовах фізичних навантажень у палатах реабілітації, у спортивній медицині);
- 4) для екстреного застосування (в умовах невідкладної терапії, швидкої допомоги).

Для тимчасового користування при зніманні грудних відведень ЕКГ використовується електрод-присоска. При знятті спеціальних стравохідних відведень ЕКГ використовується електрод в формі маслини, розміщеної на кінці гумового або пластмасового катетера.

Широко використовуються в медичній практиці голкоподібні, багатоточкові та ємнісні електроди.

Датчики (перетворювачі медичної інформації) – обладнання для знімання медичної інформації, які реагують своїм чутливим елементом на дію вимірюваної величини, а також здійснюють перетворення в форму, вигідну для подальшого підсилення, реєстрації, обробки тощо.

Неелектричними вхідними величинами датчиків можуть бути механічні величини (лінійні й кутові переміщення, швидкість, прискорення, тиск, частота коливань), фізичні (температура, вологість, освітлення), хімічні (концентрація речовин, склад), безпосередньо фізіологічні (наповнення тканин кров'ю тощо).

Їх вихідними електричними величинами, звичайно, є електричний струм, напруга, повний опір (імпеданс), частота (або фаза) змінного струму або імпульсних сигналів.

Усі датчики можна поділити на дві групи: *біокеруючі та енергетичні*. *Біокеруючі датчики* змінюють свої характеристики безпосередньо під впливом медичної та біологічної інформації, що поступає від об'єкта дослідження. У свою чергу, біокеруючі датчики поділяються на *активні* (генераторні) і *пасивні* (параметричні).

В активних датчиках вимірюваний параметр безпосередньо перетворюється в електричний сигнал (тобто вони самі генерують сигнал відповідної амплітуди чи частоти). До таких датчиків відносяться п'єзоелектричні, індукційні перетворювачі, термоелементи.

У пасивних датчиках під впливом вхідної величини змінюються її електричні параметри: опір, ємність чи індуктивність. Вони, на відміну від активних датчиків, для отримання вихідної напруги чи струму підключаються в електричне коло з зовнішнім джерелом живлення. Це ємнісні, індуктивні, резистивні, контактні датчики.

Енергетичні датчики, на відміну від біокеруючих, активно впливають на органи й тканини, створюючи в них немодульований енергетичний потік із чітко вираженими, постійними в часі характеристиками. При цьому вимірюваний параметр впливає на характеристики цього потоку, модулює його пропорційно змінам самого параметра. Такі датчики потребують додаткового джерела енергії для впливу на об'єкт і створення немодульованого енергетичного потоку. До таких датчиків відносяться, наприклад, фотоелектричні й ультразвукові.

Усі датчики повинні відповідати таким вимогам:

1) *чутливість* – мінімальні зміни знімаючого параметра, які можна стійко виявити з допомогою даного перетворювача;

2) *динамічний діапазон* – діапазон вхідних величин, вимірювання яких проводиться без помітних спотворень від максимально граничної величини до мінімальної, обмеженої порогом відчуття чи рівнем перешкод;

3) *похибки* – максимальна різниця між одержаною та номінальною вихідними величинами;

4) *час релаксації* – мінімальний проміжок часу, протягом якого відбувається установка вихідної величини до рівня, що відповідає рівню вхідної величини.

Ми зупинимось на найбільш поширених у медицині датчиках. Це датчики температури, параметрів системи дихання, серцево-судинної системи та інших.

При дослідженні живого організму розрізняють внутрішню температуру тіла та його поверхні – шкіри. Для визначення внутрішньої температури організму її вимірюють у м'язах і окремих органах ректальну температуру в порожнині рота, паховій впадині, паховій

області, пупковій ямці. При вимірюванні температури поверхні шкіри, з метою діагностики захворювань, велике значення мають симетричні температурні поля, які дають можливість оцінити інтенсивність кровопостачання якої-небудь частини чи сегмента людського тіла. При вимірюванні температури поверхні шкіри необхідно враховувати, що вона залежить від умов оточуючого середовища, температури й вологості повітря, одягу, розвитку волосяного покриву, кровопостачання, тощо. У клінічних дослідженнях необхідно враховувати, що внутрішня температура тіла є більш достовірним показником системи терморегуляції організму.

Для вимірювання температури людського тіла використовуються дротяні й напівпровідникові терморезистори, а також термоелементи, в основі яких лежить властивість зміни опору при зміні температури.

Процес дихання супроводжується рухом грудної клітки (зміною довжини її округлості) і створенням протилежно направлених потоків повітря при вдиху й видиху, що мають різну температуру. Фіксування моментів періодично повторюваних рухів грудної клітини може бути просто здійснене з допомогою трьох типів пасивних біокеруючих датчиків: контактних, резистивних і пневматичних.

Пневматичний датчик частоти дихання являє собою гофровану гумову трубку, герметично закриту з обох кінців. При розтягуванні об'єм трубки збільшується й тиск повітря всередині її зменшується. Ця зміна тиску фіксується з допомогою якого-небудь перетворювача P (електричного, манометричного). Розглянуті нами датчики частоти дихання, принцип роботи яких ґрунтується на фіксації рухів грудної клітини, мають один недолік, бо вони фіксують будь-яку зміну округлості грудної клітини. Тому їх використовують при дослідженні

хворого в умовах спокою. За допомогою таких датчиків частоти крім вимірювання дихання можна оцінювати об'єм вдихуваного і видихуваного повітря. Більш точно визначити об'єм вдихуваного повітря дозволяє турбінний датчик. Контроль за ефективністю дихання

можна здійснювати шляхом фотометричного процентного оксигемоглобіну периферичній артеріальній крові. Цей метод вимірювання заснований на відмінності спектральних характеристик

поглинання світла відновленим гемоглобіном – Нв і оксигемоглобіном НвО₂.

Щоб оцінити діяльність серцево-судинної системи, використовуються такі характеристики: пульс, систолічний і діастолічний тиск, тони й шуми серця, імпеданс тканин, різні показники циркуляції крові тощо.

Для реєстрації частоти периферичного пульсу широко використовується п'єзоелектричний ефект, який полягає у виникненні електричних зарядів різних знаків на протилежних поверхнях деяких кристалів (п'єзоелектриків) під час їх механічної деформації (розтягу, стиску, прогину, згину, тощо).

Датчики, що працюють на основі п'єзоелектричного ефекту, належать до числа активних (генераторних) біокеруючих датчиків. Конструктивно вони виготовляються у вигляді таблеток діаметром 10–15 мм висотою 3–5мм. Всередині такого корпусу розміщується п'єзоелемент, який працює на стиск або на згин. Датчики такої конструкції, прикладені до стінки артерії, дають на виході імпульсний сигнал, при цьому частота імпульсів співпадає з частотою пульсу. Для вимірювання частоти пульсу використовуються також фотодатчики, які теж належать до енергетичних. Принцип роботи їх базується на

використанні ефекту зміни ступеня поглинання світлового потоку, що проходить через живу тканину у залежності від її кровонаповнення. Такий датчик може працювати в прохідному чи розсіяному світлі. Частіше всього чутливим елементом таких датчиків використовують фоторезистори.

Для дослідження тонів і шумів серця і запису фонокардіограм використовуються електродинамічні п'єзоелектричні мікрофони: а) динамічний мікрофон; б) п'єзоелектричний мікрофон.

Слід підкреслити, що мікрофони належать до числа активних (генераторних) біокеруючих датчиків. Електродинамічні мікрофони відрізняються по чутливості, частотному й динамічному діапазонах, але вони витісняються п'єзоелектричними, які мають аналогічну конструкцію, як і п'єзоелектричні датчики пульсу. Різниця полягає лише в їх розмірах і чутливості.

При реєстрації фонокардіограм у нормальних умовах організму, фізичному навантаженні, бігу і т. п. використання мікрофонів згаданих вище конструкцій утруднюється через високий рівень перешкод. При цьому використовуються датчики більш цілеспрямовані, в яких зміщення та вібрації людського тіла діють у площині, перпендикулярній відносно напрямку дії корисного фонокардіографічного сигналу, пригнічуються в 50-100раз.

При балістокардіографії, сейсмокардіографії широко використовуються датчики електромагнітного типу, при аналізі кровообігу використовуються ультразвукові датчики, які також належать до числа енергетичних.

Використання мікроелектронних приладів у медицині сприяло появі нових діагностичних прийомів, що називаються ендометрією. Наприклад, для вимірювання тиску крові в порожнині серця використовують мініатюрний електроманометр діаметром 1-2мм, який закріплюється на кінці серцевого катетера. Датчиком у ньому служить силіконовий опір, сполучений з мембраною, що сприймає зовнішній тиск.

У медичній практиці широко використовується *метод ендометрії для* дослідження шлунково-кишкового тракту. Дослідження температури, тиску й кислотності (рН) середовища проводиться на довжині всього тракту з допомогою ендорадіозонда, що має форму пілюлі, яку той, кого досліджують, ковтає.

У такій пілюлі знаходиться мікрорадіогенератор, що має джерело живлення П з вмикачем В, генератор радіосигналів Г і на відкритому кінці – датчик Д, що впливає на частоту генеруючих коливань. Датчиком для температури служить у ньому термістор, тиску – котушка індуктивності коливального контуру генератора, пов'язана з мембраною, датчиком кислотності (рН) середовища – два платинових електроди. Джерелом живлення передавача є лужний мікроаккумулятор.

Необхідно згадати й про вживлюваний під шкіру на тривалий час (до кількох років) прилад, що називається кардіомонітором, або “водієм ритму”, який є мініатюрним генератором електричних імпульсів, що регулює порушення, пов'язані з хворобою ритму скорочень серцевого м'яза.

Заняття №4

ТЕМА: Вивчення апаратури досліджень функціонального стану опорно-рухової системи.

1. Кількість годин - 4.

2. Матеріальне та методичне забезпечення теми: кістка на двох опорах, штатив, мікрометр, мікрометричний індикатор, різноважки.

3. Обґрунтування теми: У процесі життєдіяльності людини опорно-руховий апарат й окремі групи м'язів зазнають різноманітних деформацій. Кістки хребта, нижні кінцівки, як правило, зазнають деформацій стиску та згину, а кістки верхніх кінцівок, сухожилля й м'язи – деформацій розтягу. Деформація тканин виникає при переломах, вивихах і контрактурах, а усунення її досягається шляхом витягування. Знання пружних властивостей тканин людини являє інтерес для всіх галузей медицини, особливо ортопедії. Ортопеди детально вивчають пружні властивості кісткової тканини, які змінюються з віком людини, внаслідок зміни кількості мінеральних солей в їх складі. Пружність кісток враховують, наприклад, при підборі навантаження при витягуванні.

4. Мета заняття: Вивчити поняття пружності та пластичності, навчитися визначати модуль пружності кісток.

5. Теоретичні відомості: У твердих кристалічних тілах частинки, що входять до складу просторової кристалічної решітки, знаходяться в стані рівноваги тому, що діючі між ними сили притягання й відштовхування скомпенсовані. Під дією зовнішніх механічних сил можлива зміна взаємного розташування зазначених частинок, яка призводить до порушення форми й розмірів тіла або його частин. Цей процес називається механічною деформацією твердого тіла. Розрізняють декілька типів деформації. Деформація зветься пружною, якщо після зняття зовнішніх сил вона повністю зникає, і пластичною, якщо

повністю зберігається. Нарешті, якщо деформація зникає не повністю, то вона зветься пружно-пластичною.

Способи деформування матеріалів можуть бути дуже різноманітними: поздовжні стиск і розтяг, всесторонні стиск і розтяг, згин, зсув, кручення і т.д.

Окремі елементи опорно-рухового апарату людини в процесі довготривалої еволюції пристосувались до характеру деформації, яких вони зазнають і досягли з механічної точки зору великої досконалості. Природа сама усунула центральну частину в довгих кістках кінцівок (яка не несе корисного навантаження), які зазнають в основному деформації згину, та мають трубчасту будову. Це забезпечує їм достатню міцність при значному зменшенні маси кісток.

Для визначення модуля Юнга при згині порожніх тіл, переріз яких має не зовсім правильну форму, наприклад, кісток, використовують формулу:

$$E = \frac{Fl^3}{3,2 fbh^3},$$

де F – прикладена сила, l – довжина кістки між опорами, b – ширина кістки, h – товщина кістки, af – так звана стріла прогину – найбільша величина прогину кістки в місці

б. Завдання для самостійної роботи.

а) Перелік питань, що підлягають самостійному вивченню:

- природа сил притягання та відштовхування в кристалічній решітці;
- будова мікрометричного індикатора.

б) Перелік робіт, що підлягає виконанню:

- виміряти довжину кістки масштабною лінійкою;
- виміряти товщину та ширину кістки мікрометром;
- встановити мікрометричний пристрій для вимірювання стріли прогину в середині кістки;
- покласти вантаж на тарілку ;
- визначити стрілу прогину;
- процедуру повторити декілька разів при різних навантаженнях;
- розрахувати модуль Юнга за формулою

(б) і результати занести в таблицю.

| № | Прикладена сила, | Розміри кістки | | | Стріла прогину, | Модуль пружності |
|-----|------------------|----------------|--------|---------|-----------------|---------------------|
| п/п | F, Н | довжина | ширина | товщина | f, м | E, Н/м ² |
| | | l, м | b, м | h, м | | |

1

2

3

Сер. зн-ня

- розрахувати середнє арифметичне й порівняти величину модуля матеріалу кістки з величинами модулів інших матеріалів.

в) Перелік практичних навичок, якими необхідно оволодіти:

- вміти працювати з мікрометричним індикатором.

Література:

- 1.Лазарович В.Г., Чиплик Л.В., Боса Л.Ф. Елементи біомеханіки в стоматології. – Полтава, 1997.
- 2.Ливенцев А.М. Курс фізики. –М.,1978.
- 3.Ремизов А.Н. Курс фізики. – М., 1987, § 10.3-10.4.с.192-204.

ЗАНЯТТЯ №5

ТЕМА: Визначення фізичної працездатності м'язів на велоергометрі.

1.Кількість годин - 2.

2.Матеріальне та методичне забезпечення теми: динамометр, ергометр, об'єкт дослідження людина.

3.Обґрунтування теми: Людство здавна використовувало м'язову силу для виконання різних видів робіт. М'язова тканина за своїми механічними властивостями належить до еластомірів, тобто володіє здатністю скорочуватися, розтягуватися та пружинити. Сила, що розвивається м'язами людини й тварин, а значить і робота, що ними виконується, у значній мірі залежить як від морфологічних властивостей, так і від фізіологічного стану. Наприклад, довгі м'язи скорочуються більше, ніж короткі. При великих розтягненнях скорочення м'язів зменшується, а при помірних скорочуючий ефект збільшується. Після припинення дії зовнішньої сили м'яз відновлює свої розміри, але це відновлення не буває повним, що в певній мірі характеризує пластичність м'язів. Це дає можливість зробити висновок, що м'яз не є абсолютно пружним тілом, а має в'язкопружні властивості.

У зв'язку з цим вивчення силових та енергетичних параметрів м'язового скорочення має важливе значення для різних галузей медицини, зокрема, спортивної медицини.

4. Мета заняття. Навчитися визначати силу й роботу при м'язовому скороченні.

5. Теоретичні відомості. Силу, що розвивається м'язом, визначають за величиною навантаження, який він може підняти, або за максимальною напругою, яка виникає при його ізометричному скороченні.

Оскільки м'язи володіють скорочувальними й еластичними елементами, то виникаюча напруга й виконувана робота обумовлені не тільки активним скороченням зкорочуючого комплексу, але й пасивною напругою, що визначається еластичністю, або так званним послідовним пружним компонентом м'яза.

За рахунок цього компоненту робота здійснюється тільки в тому випадку, якщо м'яз був попередньо розтягнутим, і величина цієї роботи пропорційна величині розтягнення м'яза. Цим у певній мірі й пояснюється те, що найбільш потужні рухи здійснюються при великій амплітуді, що забезпечує попереднє розтягнення м'яза.

При однакових умовах сила м'язів залежить від їх поперечного перерізу, тобто, чим більший поперечний переріз м'яза, тим більший вантаж, який він може підняти. Необхідно також підкреслити, що сила м'яза з косими волокнами набагато більша, ніж сила м'язів тієї ж товщини, але з поздовжніми волокнами. Крім цього, сила, що розвивається м'язом при максимальному скороченні, залежить і від фізіологічних умов: віку, тренування, живлення, стану втоми тощо.

Абсолютною м'язовою силою називається сила, що припадає на одиницю площі поперечного перерізу м'язових волокон, які утворюють м'яз (у зв'язку з особливістю будови деяких м'язів це не завжди співпадає з поперечним

перерізом самого м'язу). Абсолютна м'язова сила вимірюється в Н/см². Наприклад, трьохголовий м'яз плеча розвиває абсолютну м'язову силу 170 Н/см², двохголовий – 110 Н/см², жувальний – 60 Н/см², гладкий – 10 Н/см².

Діяльність м'язів оцінюють по виконуваний ними зовнішній механічній роботі. У найбільш простому вигляді – підніманні вантажу – робота м'язів вимірюється добутком сили, рівній вазі навантаження, на величину скорочення м'язів: $A=FS$. У цьому випадку напрямок переміщення вантажу такий же, як і напрям сили. A – робота, F – вага вантажу (сила), S – скорочення м'яза.

В опорно-руховому апараті людини й тварин м'язова сила F часто діє під кутом (α) по відношенню до напрямку руху. При цьому в процесі підняття тіла змінюється цей кут. У цьому випадку сила може бути подана як вектор суми двох незалежних сил F_x і F_y . Сила F_y , під дією якої тіло

буде переміщатися, дорівнює: $F_y = F \cos \alpha$. Тому робота в напрямку цієї компенсації буде дорівнювати:

$$A = F S \cos \alpha.$$

У напрямку дії сили F_x переміщення не буде; відповідно сила F_x не виконує роботи. Кут α – це кут між вектором сили й вектором зміщення S для рухомого тіла. Одиницею роботи в СІ є джоуль (Дж). Джоуль – це робота, що здійснюється силою в 1 Н при скороченні м'яза (тобто переміщення вантажу) на 1 м (1 Дж=1 Нм).

Необхідно підкреслити, що зовнішню механічну роботу м'яз виконує лише в ауксотонічному режимі, тобто розвиваючи як напругу, так і скорочення. Візотонічному режимі м'язи не навантажені й не розвивають напруги. Візометричному режимі м'яз напружується, але не скорочується.

При цьому в обох випадках один із співмножників добутку, до виражає зовнішню роботу, перетворюється в нуль. Досліди показують, що зовнішня

механічна робота, що виконується м'язом, досягає максимальної величини при середніх навантаженнях.

Хілла, швидкість скорочення м'язів знаходиться в гіперболічній залежності від величини навантаження .

Тому найбільша зовнішня механічна робота виконується м'язом при середніх швидкостях скорочення. Звідси напрашується висновок, що абсолютні величини середніх навантажень і середніх швидкостей не однакові для різних м'язів і можуть змінюватися в процесі тренування.

Робота м'язів називається динамічною, коли в процесі її виконання відбувається переміщення вантажу й рух кісток у суглобах.

Робота м'язів, при якій м'язові волокна розвивають напругу, але майже не скорочуються (це відбувається, коли м'яз скорочується в ізометричному режимі), називається статичною. Наприклад, утримування навантаження або стискання твердого тіла зубами. Дослідження показують, що статична робота більш втомлива, ніж динамічна. Усі енергетичні дослідження в біомеханіці вимагають вимірювання сили й роботи. Для цієї мети в медичній практиці користуються динамометрами, гнатодинамометрами (у стоматології) і ергометрами. Кількість роботи, що виконується за рахунок сили м'язів за одиницю часу, називають потужністю. Потужність, що розвивають живі організми, може змінюватися в досить широких межах, бо вона залежить не тільки від природних даних самих м'язів, але й від цілого ряду фізіологічних умов (вік, харчування, тренування, тощо), а також від психологічного стану (настрою, обстановки, тощо). У залежності від умов м'язи людини здатні витримувати й великі навантаження, особливо короткочасні.

Другою важливою особливістю м'язів є їх втома під час тривалої роботи. При цьому сила, що розвивається м'язами, зменшується, і потрібна перерва в роботі для її відновлення. Для визначення м'язової втоми, тобто

працездатності м'язів, користуються приладами, що називаються ергометрами й ергографами.

Гальмівний велосипед (велоергометр) може бути прикладом ергометра. У такому ергометрі через обід обертаючого колеса перекинута сталева стрічка. Сила тертя, що виникає між колесом і стрічкою, вимірюється динамометром. Уся робота, що виконується досліджуваним, витрачається на перемагання сили тертя (іншими видами робіт нехтуємо). Помноживши силу тертя на довжину ободу колеса, визначаємо роботу, що здійснюється при кожному оберті. Знаючи число обертів і час дослідження, можна визначити повну роботу й середню швидкість.

Ергограф використовується для запису амплітуди ритмічно повторюваного робочого руху, що виконується м'язом чи групою м'язів. Швидкість зменшення амплітуди руху свідчить про втоми м'язів. Порівняння часу втоми з виконуваною роботою в різних умовах, навантаженнях і ритмах, повторення рухів дає можливість виробити оптимальні умови роботи м'язів для того чи іншого робочого процесу. Необхідно підкреслити, що площа записаної ергограми чисельно характеризує виконану при цьому роботу.

Ця методика досить вигідна й широко використовується при проведенні фізіологічних досліджень.

6.Завдання для самостійної роботи.

а) Перелік питань, що підлягають самостійному вивченню:

- типи м'язової тканини;
- будова м'язової тканини;
- механізм м'язового скорочення;
- класифікація діючих сил, що виникають при роботі опорнорухового апарату людини;

- види сил за характером дії;
- види сил за характером прикладання;
- поверхневі сили;
- об'ємні сили;
- статичні та динамічні сили;
- напруження;
- деформації, види деформацій;
- робота пружної деформації пружини.

б) Перелік робіт, що підлягає виконанню:

Завдання 1. Вимірювання сили стиску кисті з допомогою динамометра.

- посадити піддослідного на стілець;
- витягнути руку вперед і максимально стиснути кистю динамометр;
- визначити силу стиску тричі кожною рукою;
- визначити середнє арифметичне й дані записати в таблицю 1.

| | |
|--|--|
| | |
|--|--|

Завдання 2. Визначення сили м'язів ручним методом.

- посадити піддослідного навпроти дослідника;
- запропонувати піддослідному виконати згинання руки в ліктьовому суглобі, тримаючи кінцівку в цьому положенні з повною силою;

•дослідник робить спробу зробити рух у зворотному напрямку (розігнути руку) і по рівню зусиль за п'ятибальною системою оцінює м'язову силу піддослідного:

–повна м'язова сила – 5 балів;–легке зниження сили (послаблення) – 4 бали;

–помірне зниження сили (повний об'єм активних рухів при дії сили тяжіння) – 3 бали;

–можливість повного об'єму руху тільки при усуненні сили тяжіння (кінцівка розміщується на опорі) – 2 бали;

–здатність ворушити (з ледве помітним скороченням м'язів) – 1 бал.

При м'язовій силі в 4 бали кажуть про легкий парез, в 3 бали – поміркований, в 2-1– про глибокий.

Дослідження м'язової сили ведеться в такій послідовності: голова та шия – згинання й розгинання, нахили вправо, вліво, повороти в сторону (верхні та нижні кінцівки від проксимальних до дистальних відділів), м'язи тулуба.

Завдання 3. Вивчення залежності роботи м'язів від величини протидіючої сили і частоти м'язових скорочень.

•зафіксувати кисть руки піддослідного на ручці ергографа;

•установити частоту метронома на рівні 60 ударів за хвилину;

•увімкнути стрічкопротяжний механізм ергографа й запропонувати піддослідному згинати кисть у ритмі метронома до втоми;

•після відпочинку збільшити частоту до 120 ударів за хвилину та повторити дослід;

•розрахувати величину роботи м'язів-згиначівв першому та другому дослідах за формулою:

$$A = \frac{A_{\max} + A_{\min}}{2} N, \quad (1)$$

де N – число скорочень, A_{\max} , A_{\min} – амплітуда скорочень при умові, що 1 мм – 1 умовна одиниця.

- накласти на праве плече досліджуваного гумовий джгут;
- повторити дослід при 60 ударах за хвилину;
- розрахувати роботу по формулі (1);
- порівняти величини робіт у всіх трьох випадках і зробити висновки.

Література:

- 1.Губанов Н.И., Утспбергенов А.А. Медицинская биофизика.– М., 1978. ст. 251-255.
- 2.Ремизов А.Н. Медицинская биофизика.– М., 1987, ст. 122-124.
- 3.Лазарович В.Г., Чиплик Л.В., Боса Л.Ф. Елементи біомеханіки в стоматології.– Полтава, 1997, ст. 5-51.

ЗАНЯТТЯ №6

ТЕМА: Вивчення механізму руху крові по судинах та вимірювання кров'яного тиску

1.Кількість годин – 2.

2.Матеріальне та методичне забезпечення: сфігмоманометр чи сфігмотонометр, фонендоскоп.

3. Обґрунтування теми: В організмі людини ми часто зустрічаємося з біофізичними процесами та явищами, фізичною основою яких є гідродинаміка. Одним з найбільш важливих з таких процесів є рух крові по судинах, або гемодинаміка. Серцево-судинна система відіграє головну роль у забезпеченні нормальної життєдіяльності організму, а її порушення, наприклад, порушення кровообігу, є причиною багатьох захворювань.

4. Мета заняття: З'ясувати механізм роботи серцево-судинної системи та навчитися вимірювати кров'яний тиск.

5. Теоретичні відомості:

Гемодинамікою називається розділ біомеханіки, в якому розглядаються питання руху крові в судинній системі живого організму. З фізичного погляду система кровообігу людини й тварин – це складна замкнута система послідовно і паралельно сполучених еластичних трубок різного діаметра та довжини (аорта, артерії, артеріоли, капіляри, вени й венули). Оскільки стінки судин еластичні, то вони мають пружні властивості, завдяки яким кров рухається по цих судинах так, як бубон по еластичних трубках. Швидкість руху крові по судинах організму мала, тому потік її руху можна приймати ламінарний.

Кров рухається в судинній системі завдяки енергії, що передається їй роботою серця.

Далі капіляри збираються в дрібні вени і потім у великі і при цьому загальна площа поперечного перерізу вен зменшується й велике коло кровообігу закінчується двома порожнистими венами, що входять у праве передсердя.

Отже, при скороченні серцевого м'яза (систолі) кров виштовхується з серця в аорту й у розгалуженні від неї артерії. Завдяки еластичності стінок великих артерій, вони приймають під час систолі більше крові, ніж її відтікає до периферії. Це й створює систолічний тиск, тобто надлишковий над атмосферним тиском, який у нормі в середньому становить 120 мм рт. ст. (тор)

чи 16 кПа. Хвиля підвищеного тиску крові швидко поширюється вздовж артеріальної частини судинної системи і викликає коливання стінок її більш дистальних відділів. Ця хвиля тиску називається пульсовою хвилею, швидкість поширення якої залежить від пружних властивостей і густини судинних стінок і має порядок 6-8 м/с.

Під час розслаблення серця (період діастоли) стінки аорти й артерій скорочуються до початкового стану, проштовхуючи кров у наступні ділянки судинної системи. Внаслідок цього рух крові має безперервний характер із швидкістю у великих судинах порядку 0,3 – 0,5 м/с. Тиск крові при цьому знижується до 60-70 мм рт. ст. (діастолічний тиск).

Згідно основного рівняння гідродинаміки відомо, що швидкість руху рідини в трубі з перемінним перерізом обернено пропорційна площі поперечного перерізу. Отже, швидкість руху крові на різних ділянках великого кола кровообігу різна. В артеріях вона становить 0,5 м/с, в артеріолах – 10-30 см/с, в капілярах – не більша 0,5 мм/с. У венах швидкість крові зростає й у порожнистих венах вона наближається до швидкості крові в аорті.

Цей тиск продовжує падати у венах (мал. 2). У великих венах біля серця тиск стає на кілька мм рт.ст. меншим атмосферного. Кров при цьому рухається під впливом присмоктуючої дії грудної клітки при вдиханні.

Для того, щоб визначити кров'яний тиск, артерію стискають через шкіряні покрови й визначають величину зовнішнього тиску, який зрівноважує тиск крові на стінки артерії.

Динамічний тиск безкровним методом безпосередньо виміряти ми не можемо. З допомогою сфігмоманометра, зупинивши рух крові в артерії, ми можемо виміряти повний максимальний тиск крові – метод Короткова.

6. Завдання для самостійної роботи.

а) Перелік питань, що підлягають самостійному вивченню:

- пульсова хвиля;
- визначення механічної роботи серця, яка виконується за одне скорочення;
- апарат штучного кровообігу.

б) Перелік робіт, що підлягають виконанню:

накласти манжету на оголене плече на декілька сантиметрів вище ліктьового згину;

з допомогою груші нагнітати в манжету повітря до зникнення пульсу у променевої артерії;

поступово знижувати тиск у манжеті й визначити його величину в момент появи пульсу (систоличний тиск) і повторного зникнення (діастолічний тиск).

в) Перелік практичних навичок, якими необхідно оволодіти:

уміти вимірювати артеріальний тиск методом Короткова.

Література:

1. Н.М.Ливенцев. М., Курс фізики, 1978, §10,11.

2.А.Н.Ремизов. М., Курс фізики, 1982, розд. 8, §8.

3.А.Н.Ремизов. Курс медичинської и біологічної фізики. М., 1987, розд. 11, §11.1, 11.2, 11.3, 11.4.

4.Н.И Губанов, А.А.Утепбергенов. Медичинська біофізика. М., 1978, розд.12.