

Міністерство охорони здоров'я України
Українська медична стоматологічна академія

«Затверджено»
на засіданні кафедри
медичної інформатики,
медичної і біологічної фізики
«27» серпня 2020 р.
протокол №1 від «27» серпня 2020 р.
Зав. кафедри _____ доцент Сілкова О.В.



МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТІВ
ПІД ЧАС ПІДГОТОВКИ ДО ПРАКТИЧНОГО (СЕМІНАРСЬКОГО) ЗАНЯТТЯ

<i>Навчальна дисципліна</i>	Медична і біологічна фізика
<i>Модуль №1</i>	Основи вищої математики та біологічної фізики
<i>Змістовний модуль</i>	Біологічна фізика
<i>Тема заняття</i>	Біофізика м'язових скорочень. Динамометрія, Ергометрія. Біомеханіка щелепно-лицевого апарату.
<i>Курс</i>	I, II
<i>Факультет</i>	Стоматологічний

1. Актуальність теми:

Біомеханіка функціонування опорно-рухового апарату людини є однією із найбільш актуальних проблем сучасної медицини, оскільки вона пояснює анатоμο-фізіологічне сполучення та роботу органів цієї системи на основі фізико-механічних закономірностей. Функціонування опорно-рухової системи є надзвичайно складним біомеханічним процесом, знання якого є дуже важливим, тому що значно спрощує розуміння механічних процесів роботи опорно-рухового апарату людини та штучних протезних конструкцій, що забезпечують нормальне функціонування живого організму.

2. Конкретні цілі:

- вивчити механічні властивості живих тканин органів і організму вцілому;
- вивчити опорно-руховий апарат людини;
- ознайомитися із з'єднаннями кісток скелету за допомогою м'язів і сухожиль, що створюють важелі, рухомі та нерухомі з'єднання хребців;
- проаналізувати важелі I типу – важіль сили, II типу – швидкості, важіль рівноваги.

3. Базові знання, вміння, навички, необхідні для вивчення теми (міждисциплінарна інтеграція):

Назва попередніх дисциплін	Отримані навички
1. Фізика (шкільний курс) 2. Біологія	Володіти знаннями: Важелі, види важелів, степені вільності, сила, момент сили, плече, скелет, з'єднання кісток, м'язи.

4. Завдання для самостійної роботи під час підготовки до заняття.

4.1 Перелік основних термінів, параметрів, характеристик, які повинен засвоїти студент при підготовці до заняття

Термін	Визначення
1. Важіль	Фізичне тіло, яке має вісь обертання, до якого прикладені сили. 
2. Скелет	Сукупність окремих ланок з'єднання кісток в один організм.
3. Біомеханіка	Розділ біофізики, що вивчає механічні властивості живих тканин, органів вцілому.
4. Опорно-руховий апарат людини	З'єднання між собою кісток скелета, м'язів та сухожиль. З'єднання кісток бувають нерухомі, рухомі і напіврухомі.

5. Суглоб	Кожен суглоб складається з суглобних поверхонь, сумки та синовіальної рідини, яка знаходиться в суглобній порожнині. Синовіальна рідина зменшує тертя при русі, а зв'язки скріплюють суглоби, які слугують для обмеження амплітуди руху.
6. Організм	Цілісність, що склалася історично, або система, що весь час змінюється, має свою особливу будову і розвиток, здатна до обміну речовинами з оточуючим середовищем, функціонувати лише в певних оточуючого середовища, до яких призвичаїлася і поза якими не може існувати.
7.Тканина організму	Певні системи організму, що складаються із клітин і їх похідних, мають специфічні морфофізіологічні і біохімічні особливості.
8. М'язова тканина	Сукупність м'язових клітин (волокон), позаклітинної речовини(колаген, еластин та ін.) і густої мережі нервових волокон і кровоносних судин.
9. Ізотонічне м'язове скорочення	Скорочення, при якому довжина м'яза залишається незмінною, а виконання роботи по переміщенню будь-яких тіл.
10.Ізометричне скорочення м'яза	Скорочення, при якому на м'яз діє незмінна сила, а реєструється зміна її видовження в часі. При цьому зовнішньої роботи по переміщенню будь-яких тіл м'яз не виконує.
11.Абсолютна м'язова сила	Сила, яка припадає на 1см ² загального поперечного перерізу м'язових волокон, які утворюють м'яз. Вимірюється в Н/см ²
12.Максимальна м'язова сила	Максимальне навантаження, яке м'яз ще здатний підняти.
13.Ауксомічний режим роботи м'яза	Робота м'яза, при якій відбувається зміна довжини і напруги м'яза.

4.2 Теоретичні питання до заняття:

1. Що таке біомеханіка?
2. Які складові опорно-рухового апарату людини?
3. Що таке важіль?
4. Види важелів.
5. Умови рівноваги кісток як важелів.
6. Біофізичні властивості кісткової тканини.
7. Як працює щелепно-лицьова система?

4.3 Практичні роботи (завдання), які виконуються на занятті:

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.

Таблиця 1.

Номер спроб	М'язова сила, кг	
	правої руки	лівої руки
1		
2		
3		
Середнє значення		

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 ворухити (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-згиначів в першому та другому досліді за формулою:

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

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.

Зміст теми:

Біомеханіка (від *біо...* і *механіка*), розділ біофізики, що вивчає механічні властивості живих тканин, органів і організму в цілому, а також механічні явища, що відбуваються в них. Головною складовою біомеханіки є **біомеханіка опорно-рухового апарату**.



Крім того біомеханіка включає в себе: **біомеханіку дихального апарату**, предметом вивчення якої є кінематика і динаміка дихальних рухів і **біомеханіку кровообігу**, яка вивчає пружні властивості судин та серця, гідравлічний опір судин току крові, рух крові, роботу серця та ін.

Опорно-руховий апарат людини складається зі з'єднаних між собою кісток скелету, до яких у певних точках кріпляться м'язи. Кістки скелету діють як важелі, які мають точку опори в з'єднаннях і приводяться в рух силою, що з'являється при скороченні м'язів.

В залежності від взаємного розташування, прикладених сил і точок опори важелі поділяються на три типи:

1. важіль до якого діюча сила F і сила опору R прикладені по різні сторони від точки опори O (рис.1, а). Наприклад, череп, що розглядається в сагітальній площині (рис.1, б): вісь O обертання важеля проходить через з'єднання черепа з першим позвонком.

По переду від точки опори на відносно коротке плече діє сила тяжіння R голови, прикладена в центрі мас черепа (дещо позаду турецького сідла), позаду точки опори – сила F м'язів і зв'язок, прикріплених до потиличної кістки. Умова рівноваги $F \cdot a = R \cdot b$;

2. важіль у якого сили F і R прикладені по одну точку від опори O , причому сила F – до кінця важеля, а сила R – ближче до його точки опори (рис.2, а). Умова рівноваги важеля $F \cdot a = R \cdot b$. Але $a > b$, відповідно, $F < R$, тобто такий важіль дає вигравш в силі, але програє в переміщенні і називається **важелем сили**. Приклад: дія стопи при підніманні на напівкальці (рис. 2, б). Опорою O важеля, через яку проходить вісь обертання, служать головки плюсневих кісток.

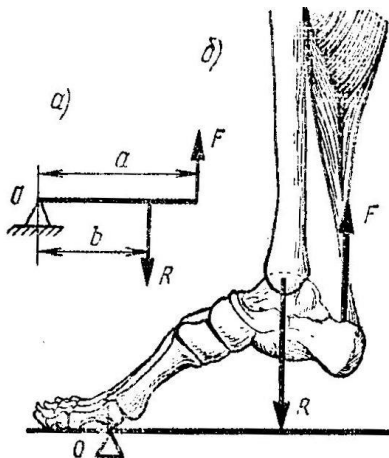


Рис. 2

кістки передпліччя (рис. 3, б); точка опори O знаходиться в ліктьовому суглобі. Діюча сила F – сила м'язів, які згинають передпліччя, сила опору R – сила тяжіння вантажу, який утримується – прикладена зазвичай в кисті, а також сила тяжіння самого передпліччя (прикладена в його центрі мас).

В опорно-руховому апараті м'язова сила F – часто діє під кутом α , відмінним від 90° , до вісі важеля (рис.

4, а). Умова рівноваги важеля в цьому випадку $F \cdot \sin \alpha \cdot a = R \cdot b$, звідки $F = R \cdot \frac{b}{a} \cdot \frac{1}{\sin \alpha}$, тобто м'язова сила F , необхідна для подолання даної сили опору R , повинна бути тим більша, чим під меншим кутом до вісі важеля вона направлена. Тому наприклад, людина утримує відносно великий вантаж при

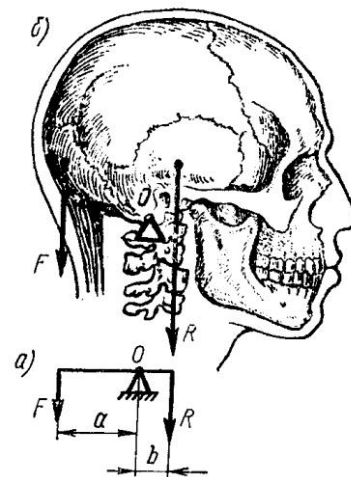


Рис. 1

Долаюча сила R – сила тяжіння тіла, що припадає на нижню кінцівку, прикладена до таранної кістки. Діюча м'язова сила F , що здійснює піднімання тіла, передається через ахілове сухожилля і прикладена до виступу п'яtkової кістки ;

3. важіль, у якого сила F прикладена ближче до точки опори, ніж сила R (рис. 3, а). Умова рівноваги: $F \cdot a = R \cdot b$. Але $a < b$, відповідно $F > R$, тобто цей важіль програє в силі, але вигравш в переміщенні і називається **важелем швидкості**. Приклад:

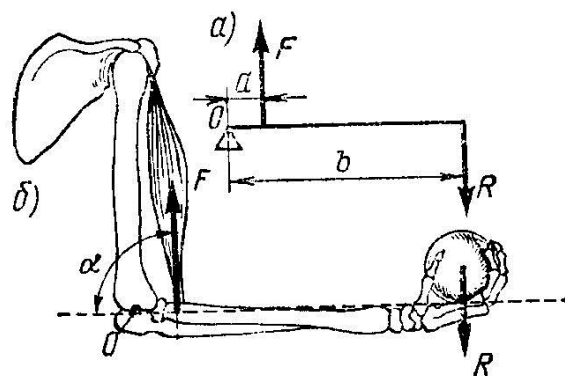


Рис. 3

зігнутому передпліччі (рис. 3, б), а значно менший, коли передпліччя розігнуте (рис. 4, б).

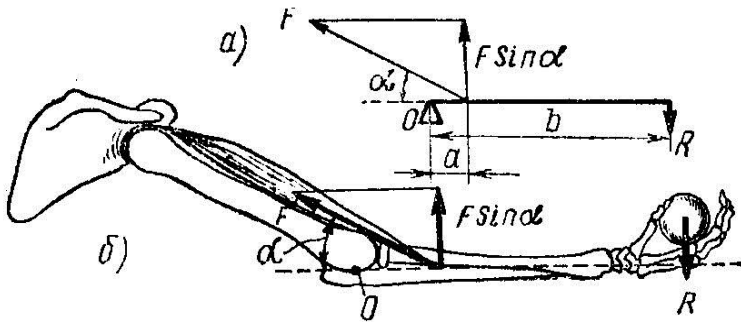


Рис. 4

Більшість кісток скелету знаходяться під дією декількох м'язів, сили тяги яких мають дещо різні напрямки. Їх рівнодійна знаходиться шляхом складання сил по правилу паралелограма.

Кістки опорно-

рухового апарату з'єднуються між собою у з'єднаннях, або суглобах. З'єднання кісток в скелеті бувають:

- нерухомі
- рухомі
- напіврухомі

Нерухомі з'єднання представлені кістками черепа, напіврухомі – з'єднанням хребців за допомогою хрящів та зв'язок. Рухомо з'єднуються суглоби. Кожен суглоб складається з суглобових поверхонь, сумки та синовіальної рідини, яка знаходиться в суглобовій порожнині. Синовіальна рідина зменшує тертя при русі. Суглоби скріплені зв'язками які служать для обмеження амплітуди їх рухів.

Основною механічною характеристикою суглобу є число ступенів вільності в ньому, рівне числу осей, навколо яких можливі взаємні обертання з'єднаних кісток. Обумовлено воно головним чином геометричною формою поверхні кісток, що дотикаються в суглобі. Розрізняють суглоби з однією, двома і трьома степенями вільності.

Активну частину опорно-рухового апарату складають м'язи. Під дією імпульсів, що йдуть з ЦНС вони скорочуються, тобто змінюють свою довжину, і при цьому розвивають деяку силу, які в точках приєднання передається кісткам скелету, викликаючи їх взаємне зміщення. В результаті відбувається той чи інший рух кінцівок або частин тіла. При цьому може здійснюватися робота по переміщенню сторонніх тіл.

Скорочення при якому м'яз змінюючи свою довжину, розвиває постійне по величині напруження, називається ізотонічним. Скорочення при якому м'яз розвиває напруження, не змінюючи свою довжину, тобто не викликаючи зміщення точок його кріплення, називається ізометричним. Ізометричне скорочення дає можливість утримувати предмети і засоби праці, і тому також необхідне при трудовій діяльності людини як і ізотонічне.

При ізометричному скороченні м'яз знаходиться в робочому (скороченому) стані і використовує енергію, яка переходить в теплоту, що виділяється в самому м'язі.

Ізометричне скорочення забезпечує можливість втримувати предмети і засоби праці і тому також необхідне в діяльності людини, як і скорочення ізотонічне.

Сила, що розвивається м'язами при максимальному скороченні, прямо пропорційна кількості м'язових волокон, які входять до складу м'язового волокна. Крім того, вона залежить від ряду фізіологічних умов (вік, тренування, харчування, степінь втомленості і т. п.).

Абсолютною м'язовою силою називають силу, що припадає на 1см² загального поперечного перерізу м'язових волокон, що утворюють м'язи (в зв'язку з особливостями будови деяких м'язів це не завжди співпадає з поперечним перерізом самого м'язу).

Кистьова динамометрія - метод визначення згинальної сили кисті. Динамометр беруть в руку циферблатом всередину. Руку витягують в сторону на рівні плеча і максимально стиснути динамометр. Проводяться по два виміри на кожній руці, фіксується кращий результат. Середні показники сили правої кисті (якщо людина правша) у чоловіків - 35-50 кг, у жінок - 15-25 кг; середні показники сили лівої кисті зазвичай на 5-7 кг менше.

Оцінюючи результати динамометрії, слід враховувати як абсолютну величину сили, так і співвіднесеною з вагою тіла. Відносна величина м'язової сили буде більш об'єктивним показником, тому що зростання сили в процесі тренування в значній мірі пов'язаний з збільшенням ваги тіла і м'язової маси.

Показник м'язової сили можна визначити на основі силового індексу. Наприклад, сила правої руки (кисті) дорівнює 52 кг, вага тіла - 76 кг. Отже, для визначення відносної величини сили кисті треба 52 помножити на 100 і розділити на 76. Виходить 68,4%. Для нетренованих молодих чоловіків цей показник становить 60-70% від ваги тіла, для жінок - 45-50%.

Оцінюючи м'язову силу при самоконтролі, слід враховувати, що протягом дня показники сили змінюються. Так, найменша величина їх буває вранці, найбільша - до середини дня. До кінця дня, особливо після виснажливої тренування, м'язова сила падає. Тому визначати силу треба в один і той же час, краще вранці перед початком тренування. Неповне відновлення м'язової сили на інший день після заняття говорить про надмірності навантаження. Зниження її може спостерігатися також при нездужанні, порушення режиму, погіршення настрою і т. д.

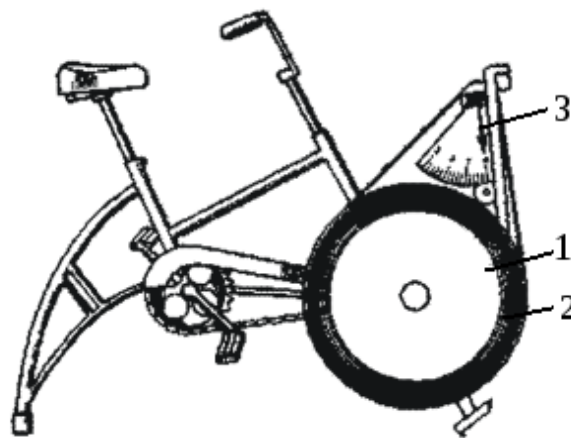


Станова динамометрія - метод визначення сили розгиначів тулуба.

Досліджуваний стає на площадку зі спеціальною тягою гак, щоб 2/3 кожної підошви перебували на металевій основі. Ноги разом випрямлені, тулуб нахилено вперед. Ланцюг закріплюється за гак так, щоб руки знаходилися на рівні колін. Досліджуваний, не згинаючи ніг і рук, повинен повільно розігнутися, витягнувши тягу. Станова сила дорослих чоловіків у середньому дорівнює 120-130 кг, жінок - 55-65 кг

Статики (нерухомості) такої, як її розуміють у механіці, насправді немає. Відбуваються дуже дрібні, часто непомітні оку, скорочення та розслаблення, і при цьому здійснюється робота проти сил тяжіння. Таким чином, статична робота людини насправді є звичайною динамічною роботою. Для вимірювання роботи людини застосовують прилади, звані *ергометрами*. Відповідний розділ вимірювальної техніки називається *ергометрією*.

Прикладом ергометра служить гальмівний велосипед (велоергометр). Через обід колеса, що обертається, 1 перекинута сталева стрічка 2. Сила тертя між стрічкою та ободом колеса вимірюється динамометром 3. Вся робота витрачається на подолання сили тертя (рештою видів робіт нехтуємо). Помноживши довжину кола колеса на силу тертя, знайдемо роботу, що здійснюється при кожному оберті, а знаючи число оборотів і час випробування, визначимо повну роботу та середню потужність.



Ергометр

Хілла рівняння

Хілла рівняння м'язового скорочення, виражає зміну швидкості скорочення м'яза залежно від її навантаження. Виведено англійським фізіологом А. Ст Хіллом в 1938.

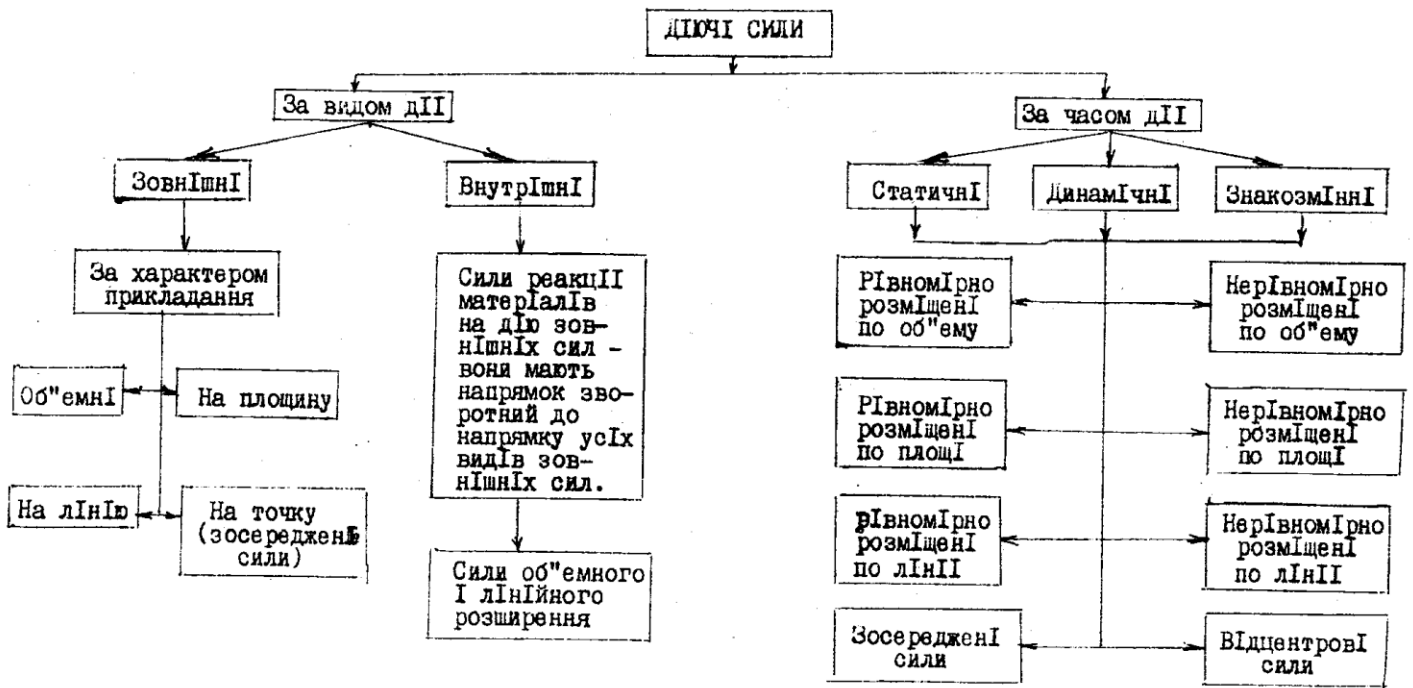
Формула:

$$(P + a)(v + b) = b(P_0 + a),$$

де v — швидкість скорочення м'яза при навантаженні P , P_0 — максимальне значення ізометричної сили, константи a і b — емпіричні величини.

Біомеханіка щелепно-лицьового апарату розглядає статичні та динамічні сили та використання цього фактичного матеріалу для всебічного аналізу і роботи щелепно-лицьового апарату людини. В процесі функціонування щелепно-лицьового апарату людини його частини сприймають навантаження, дія якого передається від одного елемента до другого. Сили, що виникають при цьому, є мірою цієї механічної взаємодії. Сили, що діють на елементи щелепно-лицьового апарату, зуби та зубопротезні конструкції при стисканні щелеп, кусанні та жуванні їжі, можна класифікувати так (табл. 1.)

Таблиця. 1. Класифікація сил, що діють на зуби та зубопротезні конструкції



З точки зору біомеханіки верхня щелепа відноситься до важелів швидкості (третього роду) тому, що вісь обертання її O знаходиться на ділянці голови, а сила F жувальної мускулатури, яка піднімає щелепу, прикладена набагато ближче до осі, ніж сила реакції, тобто сила опору R зі сторони їжі або зубів верхньої щелепи на зуби нижньої щелепи (рис. 5, а)

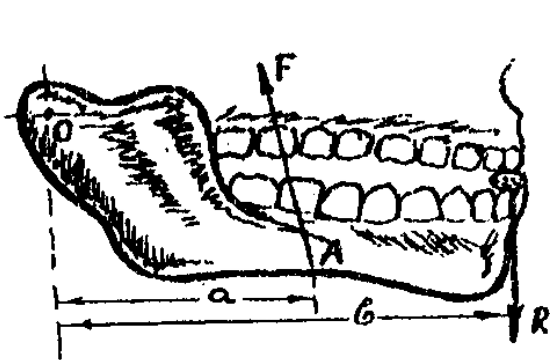


Рис. 5, а.

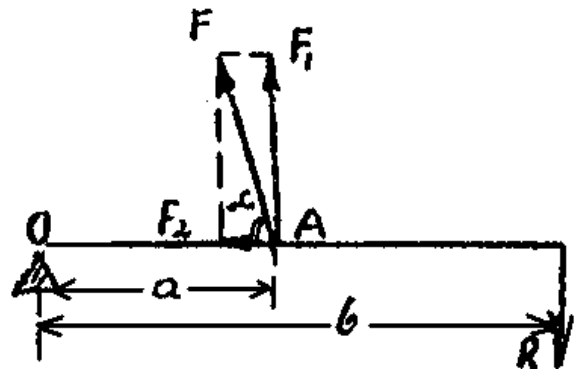


Рис. 5, б

На рисунку 5.б схематично зображено цю модель, як важеля третього роду, який дає вигравш в силі. З умови рівноваги такого важеля відомо, що момент сили M_1 , який обертає важіль за часовою стрілкою, рівний моменту сили M_2 , який обертає важіль за протилежною стрілкою, тобто $M_1 = M_2$. Під моментом сили розуміють добуток сили на плече, тобто перпендикуляр, опущений з центра обертання на напрямок дії сили. Цю умову рівноваги важеля виходячи з рисунка 5.б, можна записати так: $F \cdot a = R \cdot b$.

Звідси слідує, що сила опору R повинна урівноважуватися паралельною їй силою F_1 . Оскільки на нижню щелепу діє жувальна сила F під кутом α , меншим за 90° , до осі важеля, то вона, як рівнодіюча, розкладається на силу F_1 , яка піднімає важіль вертикально вгору паралельно R , і силу F_2 , яка перпендикулярна до осі обертання і ніякої дії (або роботи) не виконує. З трикутника AF_1 знаходимо, що $F_1/F = \sin \alpha$, а $F_1 = F \cdot \sin \alpha$. Тоді умову рівноваги важеля можна записати в такому вигляді:

$$F \cdot a \cdot \sin \alpha = R \cdot b, \text{ звідки}$$

$$\frac{F}{R} = \frac{b}{(a \cdot \sin \alpha)}$$

тобто сила F буде в стільки раз більшою від сили опору R , в скільки раз плече b буде більшим від плеча a .

Цим і пояснюється той факт, що зуби (моляри), які знаходяться ближче до осі обертання, при стисканні розвивають більшу силу, ніж зуби (різці), які знаходяться далі від неї. При пережовуванні твердої їжі на різці діє сила величиною 50-100 Н, на клики – приблизно – 150 Н, на премоляри – 130-180 Н, на моляри – 300 Н.

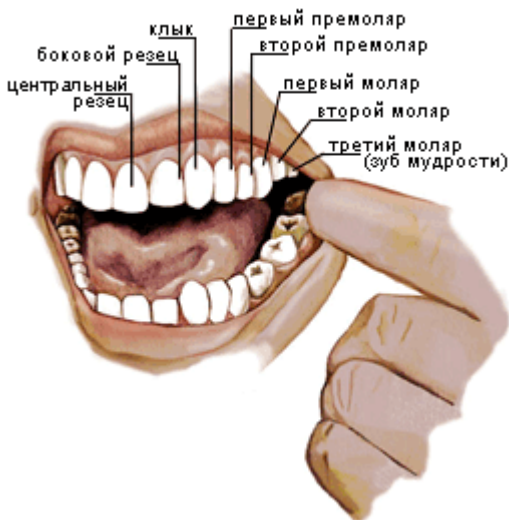


Рис. 6

Класифікація зубів зображена на рисунку 6.

Матеріали для самоконтролю

А. Завдання для самоконтролю (тести)

1. Біомеханіка це:

- А. Розділ біофізики, що вивчає механічні властивості живих тканин, органів і організму в цілому, а також механічні явища, що відбуваються в них.
- В. Розділ біофізики, що вивчає будову живого організму та особливості його функціонування
- С. Розділ біофізики, що вивчає вплив навколишнього середовища на людський організм
- Д. Розділ біофізики, що вивчає взаємодію живого організму з навколишнім середовищем

2. Важелем називають...

- А. Тверде тіло з віссю обертання навколо якої постійно здійснюється його рух
- В. Тверде тіло вісь обертання якого можна переміщувати по сій його довжині
- С. Тверде тіло, що може обертатися навколо будь-якої його точки
- Д. Тверде тіло з нерухомою віссю обертання, на яке діє сила, що прагне обернути його навколо цієї осі

3. В залежності від взаємного розташування, прикладених сил і точок опори важелі поділяються на:

- A. Сили
 - B. Рівноваги
 - C. Швидкості
 - D. Стійкості
- 4. Важіль швидкості в організмі людини представлений:**
- A. Черепом, що розглядається в сагітальній площині
 - B. Кістками черепа
 - C. Кістками передпліччя
 - D. Стопою
- 5. Що називають моментом сили важеля?**
- A. Добуток прикладеної сили на плече важеля
 - B. Добуток прикладеної сили на сили реакції
 - C. Різницю між прикладеною силою і силою реакції
 - D. Прикладену силу у даний момент часу
- 6. Яка сила діє на клики при пережовуванні твердої їжі?**
- A. 150 Н
 - B. 125 Н
 - C. 180 Н
 - D. 300 Н
- 7. До важелів якого типу відноситься верхня щелепа з точки зору біомеханіки?**
- A. До важелів швидкості (першого роду)
 - B. До важелів сили
 - C. До важелів швидкості (третього роду)
 - D. До важелів рівноваги
- 8. Які сили діють на зуби та зубопротезні конструкції?**
- A. Динамічні
 - B. Знакозмінні
 - C. Внутрішні
 - D. Статистичні

Б. Задачі для самоконтролю

1. Сила жувального тиску на відстані 5 см від суглоба дорівнює 147 Н. Яке напруження жувального м'язу, якщо його переріз дорівнює 8 см^2 ? Відомо, що сила жувального м'язу діє під кутом 60° по відношенню до нижньої щелепи і прикладена до неї в точці, віддаленій від суглоба на відстань 2,5 см.

2. Яку силу має розвинути жувальний м'яз, щоб створити силу жувального тиску 75 кгс на відстані 4 см від суглоба? Відомо, що сила жувального м'язу діє під кутом 60° по відношенню до нижньої щелепи і прикладена до неї в точці, віддаленій від суглоба на відстань 2 см.

3. Людина тримає в руці вантаж масою 3 кг, центр мас якого знаходиться на відстані 34 см від ліктьового суглобу. Центр мас системи передпліччя-кисть, масою 2,5 кг, знаходиться на відстані 10 см від цього суглоба. Яка сила діє на біцепс у напрямку, перпендикулярному до кісток передпліччя, якщо відстань

від ліктьового суглобу до точки приєднання біцепса до променевої кістки – 3,5 см?

4. Зусилля біцепса, прикладене під кутом 20° до променевої кістки у точці, віддаленій від ліктьового суглоба на 3,4 см, дорівнює 1 кН. Центр мас системи передпліччя-кисть, масою 2,5 кг, віддалений від цього суглоба на відстань 19 см. Яка маса вантажу утримується на витягнутій руці, якщо його центр мас знаходиться на відстані 40 см від суглобу?

Література

Основна:

1. Медична та біологічна фізика: нац. підручник для студ. вищ. мед. (фарм.) навч. заклад. III-IV р. акред. / за ред. О.В. Чалого. – 2-ге вид. – Вінниця: Нова Книга, 2017. – 528 с.
2. Медична та біологічна фізика: нац. підруч. для студ. вищ. мед. навч. закладів III-IV рівнів акредитації / О.В. Чалий, Я.В. Цехмістер, Б.Т. Агапов та ін.; за ред. О.В. Чалого. – Вінниця: Нова книга, 2013. – 528 с.
3. Медична і біологічна фізика: підруч. для студ. вищ. мед. заклад. III-IV р. акред. / Під заг. ред. О.В. Чалого. – 2-ге вид., переробл. і доп. – К.: Книга плюс, 2005. – 760 с.
4. Ємчик Л.Ф. Медична і біологічна фізика: підручник / Л.Ф. Ємчик, Я.М. Кміт. – Львів: Світ, 2003. – 592 с.
5. Лопушанський Я.Й. Збірник задач і запитань з медичної і біологічної фізики: навч. посібн. для студ. вищ. мед. навч. закл. III-IV рівн. акр./ Я.Й. Лопушанський. 3-є вид., доповн. і випр. – Вінниця: Нова книга, 2010. – 584 с.
6. Медична та біологічна фізика: підручник для студентів медичних ВНЗ / О.І. Антюфєєва, Л.В. Батюк, М.А. Бондаренко та ін.; за ред. В.Г. Книгавка. – Харків: ХНМУ, 2010. – 370 с.
7. Біофізика. Фізичні методи аналізу та метрологія: підруч. для студ. вищ. мед. та фарм. навч. закл. IV р. акр. / Е.І. Личковський, В.О. Тіманюк, О.В. Чалий та ін.; за ред. Е.І. Личковського. – Вінниця: Нова Книга, 2014. – 464 с.
8. Шевченко А.Ф. Основи медичної і біологічної фізики. / А.Ф. Шевченко. – К.: Медицина, 2008. – 656 с.
9. Федішин Я.І. Фізика з основами біофізики. / Я.І. Федішин. – Львів: Світ, 2005. – 400 с.

Додаткова:

1. Іщейкіна Ю.О. Медична і біологічна фізика: навч. посібник / Ю.О. Іщейкіна, В.І. Макаренко, Н.В. Тронь. – Полтава: Шевченко Р.В., 2012. – 352 с.
2. Іщейкіна Ю.О. Медична і біологічна фізика: навч. посібник / Ю.О. Іщейкіна, В.І. Макаренко, Н.В. Тронь. – 2-ге видання. – Полтава: Шевченко Р.В., 2014. – 352 с.

3. Антонов В.Ф. Биофизика / В.Ф. Антонов. и др. – М.: Владос, 2000. – 321 с.
4. Владимиров Ю.А. Биофизика / Ю.А. Владимиров, Д.И. Рощупкин, А.Я. Потапенко, А.И. Деев. / Под ред. Ю.А. Владимирова. – М.: Медицина, 1983. – 272 с.
5. Волькенштейн М.В. Биофизика / М.В. Волькенштейн. – М.: Высшая школа, 1981. – 575 с.
6. Добрава В.Є. Біофізика та медична апаратура: навч. посібн. для студ. вищ. навч. закл. / В.Є. Добрава, В.О. Тіманюк. – К.: Професіонал, 2006. – 200 с.
7. Зима В.Л. Біофізика. Збірник задач / В.Л. Зима. – К.: Вища шк., 2001. – 124 с.
8. Костюк П.Г. Біофізика / П.Г. Костюк, В.Л. Зима, І.С. Магура, М.С. Мірошніченко, М.Ф. Шуба. – К.: ВПЦ «Київський університет», 2008. – 567 с.
9. Лабораторный и лекционный эксперимент по медицинской и биологической физике / Под ред. Д.С. Кройтора, А.Н. Ремизова, В.О. Самойлова. – Кишинев: Лумина, 1983. – 328 с.