

Сергій Драчук, Вікторія Богуславська

ТАЄМНИЦІ УПРАВЛІННЯ РУХАМИ ЛЮДИНИ

Вінниця 2022

УДК 612.76 (075.8)

Д 72

Рекомендовано до друку вченою радою
Вінницького державного педагогічного університету
імені Михайла Коцюбинського
(протокол № 6 від 15 грудня 2021 року)

Рецензенти:

Костюкевич В. М., доктор наук з фізичного виховання і спорту, професор, професор кафедри теорії і методики спорту Вінницького державного педагогічного університету імені Михайла Коцюбинського

Одинець Т. Є., доктор наук з фізичного виховання та спорту, професор, завідувач кафедри фізичної терапії, ерготерапії та фізичної культури і спорту комунального закладу вищої освіти "Хортицька національна навчально-реабілітаційна академія" Запорізької обласної ради

Драчук С.П.

Д 72 Таємниці управління рухами людини / С.П. Драчук, В.Ю. Богуславська. – Вінниця: 389 с.

У навчальному посібнику "Таємниці управління рухами людини" надані сучасні погляди щодо управління руховою діяльністю людини. Здійснюється спроба об'єднати наукову інформацію з різних напрямів наукових досліджень: анатомії, біології, фізіології, біомеханіки, педагогіки. Показано, що рухи людини і управління ними надзвичайно складний і разом з тим усвідомлений процес, спрямований не тільки на переміщення в просторі для задоволення життєвих потреб, але й на активне перетворення навколишнього довкілля і власне самої людини. Викладення матеріалу будується на основі необхідності створення уяви про особливості функцій клітин, органів і тканин рухового апарату людини, активну участь коркових структур головного мозку в забезпеченні рухової діяльності та можливості процесу навчання рухам.

Розміщена в посібнику інформація буде корисною для науковців, фахівців сфери фізичної культури і спорту, здобувачів вищої освіти та зацікавлених осіб.

Присвячується 65-річчю факультету фізичного
виховання і спорту Вінницького державного
педагогічного університету імені Михайла
Коцюбинського.

ЗМІСТ

ПЕРЕДНЄ СЛОВО.....	6
РОЗДІЛ 1. ПОНЯТТЯ ПРО РУХ.....	9
• Особливості рухової діяльності людини.....	9
• Біокінематика.....	13
• Біодинаміка рухових дій.....	24
• Рівновага тіла та її збереження під час вирішення рухових завдань.....	103
РОЗДІЛ 2. БІОМЕХАНІЧНИЙ ПОГЛЯД НА РУХОВИЙ АПАРАТ ЛЮДИНИ.....	121
• Будова і функції рухового апарату людини.....	121
• Біомеханічна модель рухового апарату людини.....	152
РОЗДІЛ 3. БІОМЕХАНІКА РУХІВ ЛЮДИНИ.....	189
• Геометрія мас тіла людини.....	189
• Складові рухи в біокінематичному ланцюгу.....	196
• Сили, які впливають на рухову діяльність людини...	203
РОЗДІЛ 4. БІОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ УПРАВЛІННЯ РУХАМИ ЛЮДИНИ.....	231
• Основи функціонування клітинних мембран.....	231
• Роль центральної нервової системи в організації рухової діяльності людини.....	247
• Активація скелетних м'язів нервовою системою.....	269
• Механіка м'язового скорочення.....	291
• Рухові рефлекси.....	311

<ul style="list-style-type: none"> • Основні стратегії управління рухами, спрямованими до цілі..... 	322
РОЗДІЛ 5. ВИЩА НЕРВОВА ДІЯЛЬНІСТЬ ЯК	
СТИМУЛ УТВОРЕННЯ УМОВНИХ РЕФЛЕКСІВ.....	332
<ul style="list-style-type: none"> • Умови утворення умовних рефлексів..... • Координаційна діяльність головного мозку..... 	332 337
РОЗДІЛ 6. ПЕДАГОГІЧНІ АСПЕКТИ УПРАВЛІННЯ	
РУХАМИ ЛЮДИНИ.....	351
<ul style="list-style-type: none"> • Закономірності формування рухових умінь і навичок..... • Передумови та загальна послідовність побудови процесу управління рухами..... • Інформаційне забезпечення системи управління рухами..... 	351 365 376
ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА.....	386

ПЕРЕДНЄ СЛОВО

«Що?», «Де?», «Коли?», «Як?» – питання, які завжди ставила людина, починаючи із раннього дитинства перед своїми батьками, і закінчуючи дослідниками Всесвіту, яких цікавить різноманіття та непізнанність близького та далекого оточення. Що цікаво, з часом кількість цих та подібних питань не зменшується, а навпаки, зростає. Знайдена відповідь на одне питання автоматично породжує інші. Так крок за кроком, ми з одного боку, розкриваємо багато таємниць, а з іншого, – розуміємо, що пізнати Всесвіт до кінця практично неможливо.

Цим забезпечується минуле, сьогодення та майбутнє науки, тим наука і приваблює дослідників, які вважають себе прапороносцями роду людського, що своїми гіпотезами, теоріями та експериментальною роботою прокладають шлях за висловом давніх латинян «крізь терни до зірок».

Розкриття таємниць часто залежить від очікувань дослідника. Першим його кроком до пізнання є уважне ставлення до речей, що знаходяться навколо, а звідси – бажання дізнатися про них якнайбільше. Тоді запитання виникатимуть самі по собі. Наступний крок до вивчення таємниць пов'язаний із створенням плану дій або вірою в те, що гіпотеза буде доведена. Тоді докази, які підтверджують теорію, швидше за все, дійсно вдається знайти.

Ми живемо на нашій планеті серед її величності Природи. Разом з тим, людину справедливо називають її володаркою. Однак мудрість, з якою вона володарує, не дається від природи

– цьому потрібно вчитися. Людство не може бути відокремленим від Природи, воно саме є Природа, а пізнати її, значить – і себе, воно здатне тільки через рухову діяльність.

Як і Природа, рухи людини, яка є невід’ємною її частиною, характеризуються надзвичайним різноманіттям і багатством. З кожним роком в усьому світі зростає кількість нових професій, люди опановують різні види рухової діяльності, особливо в спорті, будують плани по заселенню сусідніх планет та підкоренню глибин океанів власної планети. Це нагально вимагає вивчення особливостей рухової діяльності людини і управління нею, у тому числі і в екстремальних умовах перебування людини в іншому фізичному середовищі.

Ще з давніх часів вчених цікавила можливість здійснення людиною рухів, про що свідчать роботи Аристотеля, Галена, а пізніше діячів науки епохи Середньовіччя: Леонардо да Вінчі, Р. Декарта, Д. Бореллі та інших. Їх ідеї про механічний рух в живих системах і управління ним розвиваються і доповнюються біомеханіками, фізіологами та педагогами сьогодення: І. М. Сеченовим, О. О. Ухтомським, М. О. Бернштейном, В. М. Дьячковим, Д. Д. Донським, А. М. Лапутіним, В. О. Кашубою, В. В. Гамалієм та багатьма іншими.

Однак, недивлячись на такий обсяг знань з даної проблеми, накопичений за тривалий час, існує достатньо багато питань, які не розкриті повністю, потребують уточнень та експериментальних підтверджень. Наприклад, ще не повністю розкритий механізм генерування необхідних м’язових зусиль

для здійснення того чи іншого виду руху, не до кінця відомо, яким чином різноманіття м'язів, суглобів, кісток та центральна нервова система об'єднуються в досконалий апарат управління рухами. Не вичерпала себе в цьому плані також і педагогіка рухової діяльності, завданням якої є навчання рухам. Тим паче, що нові факти і відкриття в галузі біомеханіки і управління рухами спричиняють перегляд деяких наукових положень, стимулюють виникнення нових теорій і гіпотез. І це знову породжує нові питання і необхідність шукати відповіді на них.

Отож, безліч знаків питання, які поставила перед нами Природа, спонукали до побудови змісту даної книги у незвичному на перший погляд форматі, тобто постановки питань та відповідей на них, але який, разом з тим, відповідає духу допитливої людини. На сторінках видання можна знайти широке коло питань і відповідей, які дозволять розширити знання про природу руху в усіх його проявах та можливість управління і навчання ньому. Автори сподіваються, що висвітлена інформація буде корисною для студентів вищих закладів освіти, зокрема, факультетів фізичного виховання і спорту, фізіологів, фахівців з фізичної реабілітації, тренерів з видів спорту та всіх спраглих до знань.

Таким чином, шановні читачі, частіше заглядайте у нашу книгу – вона розкриє перед Вами чимало таємниць рухових можливостей людини.

Сергій Драчук, Вікторія Богуславська

РОЗДІЛ 1. ПОНЯТТЯ ПРО РУХ

Особливості рухової діяльності людини

1. Що розуміють в біомеханіці під поняттям «механічний рух»?

Людське тіло являє собою систему твердих ланок, з'єднаних між собою за допомогою суглобів. Саме у суглобах можлива зміна відносного положення частин тіла. Зміни положення і є рухом людини, які можуть проявлятися відносно оточуючого середовища (зовнішні предмети, інші люди тощо) та відносно власних частин тіла (наприклад, рух рукою відносно тулуба).

2. У чому полягає особливість руху в живих системах?

Будь-який рух як живої, так і неживої природи відбувається під дією зовнішніх сил (тяжіння, тертя, дії середовища тощо). Разом з тим, механічний рух людини зумовлений силою тяги м'язів, які управляються центральною нервовою системою. Таке управління здійснюється у вигляді фізіологічних процесів, що виникають в організмі. Тому рух живих систем необхідно розглядати як з точки зору законів механіки, так і біологічних механізмів.

3. Чим рухова діяльність людини відрізняється від рухової діяльності тварин?

У руховій діяльності людини найактивнішу участь бере свідомість, тобто продукт роботи головного мозку. Людина

свідомо планує, здійснює і контролює свої рухи. За допомогою усвідомлених рухів вона активно та цілеспрямовано перетворює зовнішню природу і свою власну. Тому в нормі людина виконує не просто рухи, а завжди дії. В основі ж рухової діяльності тварин лежить інстинкт, який забезпечує втамування голоду, спраги, материнську поведінку, розмноження, самозбереження та ін.

4. Що являє собою система рухів людини?

Цілісні рухові дії людини складаються з окремих взаємопов'язаних частин. Ці структурні зв'язки визначають цілісність дії та її досконалість. Зміна кожної частини або зв'язків між ними призводить до зміни руху.

5. У чому полягає сутність цілеспрямованості руху?

Людина у своїй діяльності свідомо ставить мету, використовує адекватні цілеспрямовані рухи та управляє ними для досягнення мети.

6. Чому рухова діяльність людини відрізняється надзвичайною складністю?

Оскільки матерія, до якої відноситься різні види енергії, речовини та інформації, що складають біологічний організм, і рухи, які є проявом матерії, як філософські категорії найбільш повно відображають цілісні сучасні наукові уявлення про Всесвіт, то з повною відповідальністю можна стверджувати, що матерія і рухи організму являють собою єдине і нерозривне ціле. Практично це означає, що кожному рівню побудови і організації

матерії організму відповідає цілком визначений рівень побудови його рухів. Оскільки побудова та організація функцій людського організму незрівняно вищі від будь-якої живої системи, то й рівень побудови його рухів також вищий.

7. Який механізм нервової регуляції лежить в основі діяльності людини?

Особливістю рухової діяльності людини є рефлекторна природа як довільних, тобто умовних (набутих під час життя) рухів, так і безумовних (наданих від народження). Отже, причиною руху може бути конкретний фактор зовнішнього або внутрішнього (відносно людини) середовища, який впливає на органи чуття.

8. Що називають безумовними рефlekсами людини?

Безумовні рефlekси являють собою сталу природжену відповідь опорно-рухового апарату людини на подразнення. Контролюються безумовні рефlekси за звичай ЦНС. В основі виникнення таких рефlekсів лежить рефлекторна дуга, до якої належить рецептор, чутливі, рухові та вставні нейрони та орган-ефектор, тобто м'яз.

9. У чому полягає особливість умовних рефlekсів людини?

Умовні рефlekси людини виробляються протягом її життєдіяльності і забезпечують пристосування до змінного оточуючого середовища. Вони є непостійними. Головну роль їх становлення в людини відіграє кора півкуль головного мозку,

що свідчить про психічну діяльність кожної особистості в управлінні рухами.

10. Що називають психічною діяльністю людини?

Психічна діяльність людини зумовлена сукупністю взаємопов'язаних нервових процесів у вищих відділах центральної нервової системи. Вони спрямовані на забезпечення, зокрема, й рухових реакцій людини.

11. Як організована рухова функція людини на рівні цілісного організму?

Схематично спрощено організацію рухової функції людини на рівні цілісного організму можна подати у вигляді наступних блоків:

1) блок управління, центральною частиною якого є нервова система, яка включає аферентні нейрони і шляхи, а також ЦНС;

2) блок виконання (ефекторний), який включає руховий апарат (скелетно-м'язова система);

3) блок обслуговуючих систем, до якого входять практично всі інші системи організму, серед яких провідна роль належить ендокринній, серцево-судинній, травлення, дихальній, видільній та ін.

Взаємозв'язок цих структурних блоків, взаємообумовленість їх будови, розташування і функцій у синтетичній єдності породжують специфічну інтегративну рухову функцію людини.

12. У чому полягає сутність аферентної іннервації м'язів?

Крім рухових нейронів до м'язів підходять чуттєві нервові клітини. Вони надають інформацію до центрів управління рухами про периферичні стимули, на основі якої відбувається корекція відцентрових імпульсів і рух стає більш точним відповідно поставленому руховому завданню.

13. Який зв'язок існує між руховим апаратом людини та її ЦНС?

Між руховим апаратом та центральною нервовою системою існує подвійний зв'язок. Перший з них – прямий, який здійснюється по еферентним (відцентровим, руховим) нервовим шляхам. Другий – зворотний. Він проходить по аферентним (доцентровим, чуттєвим) нервовим шляхам. Нервова система людини управляє рухами за допомогою сигналів, які надходять від рецепторів рухового апарату, а також від органів чуття: зору, слуху, вестибулярного апарату, рецепторів шкіри, а також внутрішніх органів. Таким чином, руховий апарат це система, яка управляється, а центральна нервова система, відповідно, управляє першим.

Біокінематика

1. Як визначити положення тіла в просторі?

Положення тіла визначається його місцезнаходженням у просторі відносно обраної системи відліку. Наприклад,

положення тіла спортсмена на дистанції під час бігу описується відносно лінії старту.

2. Коли можна визначити, що тіло рухається в просторі?

Якщо положення тіла змінюється, то воно переміщується, тобто рухається в просторі. Рух спостерігається при порівнянні положення тіла в один момент часу з його положенням в інший момент. Отже, рух – це явище, яке відбувається в просторі з плином часу.

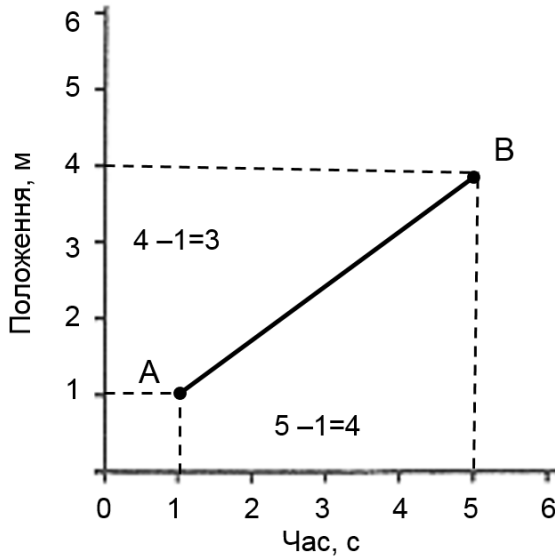
3. Що таке швидкість?

Швидкість руху вказує, як швидко змінюється положення тіла і в якому напрямку тіло переміщується. Тому швидкість – це вектор, напрямком якого співпадає з напрямком переміщення тіла, а величина характеризує швидкість переміщення. Оскільки переміщення тіла являє собою зміну його положення, то швидкість може бути описана як відношення часу до пройденого шляху.

4. Як визначити середню швидкість руху тіла?

На графіку, який характеризує залежність “положення – час”, видно, що зміна напрямку за період 4 с складає 3 м, тому швидкість зміни положення дорівнює: $3 \text{ м} : 4 \text{ с} = 0,75 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$. Це і є середня швидкість тіла, яке рухалось із положення *A* в положення *B*. У загальному вигляді середня швидкість може

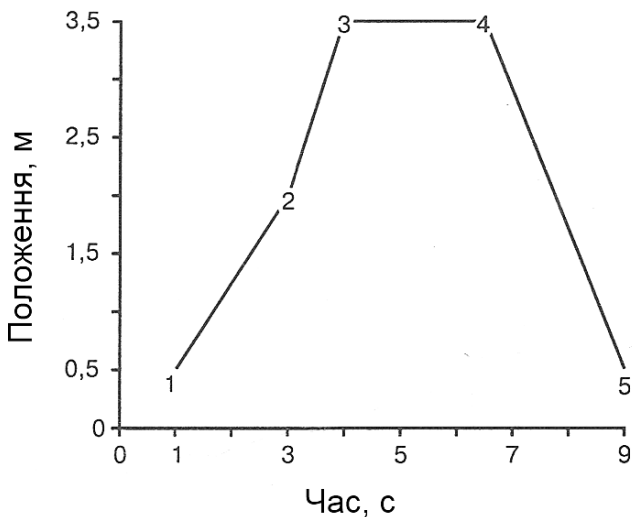
бути подана у вигляді рівняння: $V = \frac{\Delta S}{\Delta t}$, де V – середня швидкість; ΔS – зміна положення; Δt – різниця моментів часу.



5. Що характеризує кут нахилу графіка залежності «положення – час»?

Графічно швидкість пов'язана з кутом нахилу графіка «положення – час». Кут нахилу лінії характеризується відношенням різниці між кінцевим і початковим положенням тіла (ΔS) до проміжку часу, за який відбулося це переміщення (Δt). Отже, кут нахилу характеризує швидкість зміни перемінної. При цьому чим більше нахил, тим більше швидкість зміни і навпаки.

**6. Чи змінюється знак швидкості при зміні напрямку
руку?**



На графіку подана реєстрація положення тіла в п'яти різних моментах часу, тобто коли переміщення відбувається не тільки за величиною, але й за напрямком.

Скориставшись залежністю «положення – час» на різних відрізках при переміщенні тіла із положення 1 в 2, із 2 в 3, із 3 в 4, із 4 в 5, отримаємо наступні значення:

$$(2 - 0,5) : (3 - 1) = 0,75;$$

$$(3,5 - 2) : (4 - 3) = 1,5;$$

$$(3,5 - 3,5) : (7 - 4) = 0;$$

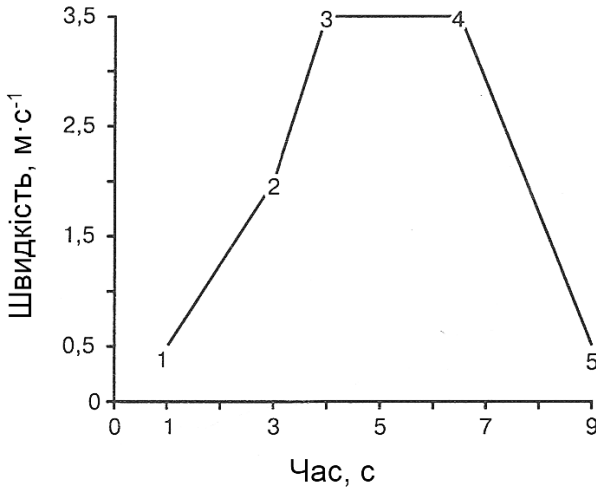
$$(1 - 3,5) : (9 - 7) = -1,25 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}.$$

Таким чином, чим більший нахил графіка «положення – час» (наприклад, при переході тіла із положення 2 в положення 3, швидкість при цьому дорівнює $1,50 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$), тим більша швидкість. Нахил вниз, наприклад, при переміщенні тіла із положення 4 в положення 5 означає, що швидкість від’ємна. Відсутність зміни положення (наприклад, при переміщенні тіла із положення 3 в положення 4) свідчить, що швидкість дорівнює 0. Цей приклад ілюструє один важливий момент стосовно швидкості: знак швидкості змінюється, а саме, спочатку швидкість була позитивною, потім зменшувалась до нуля, а згодом стала від’ємною. Отже, тіло спочатку рухалось в одному напрямку, потім було нерухомим і, нарешті, рухалось у протилежному напрямку.

7. Що називають прискоренням?

Відношення зміни швидкості до часу, тобто наскільки швидко змінюється швидкість, називається прискоренням. Наприклад, людина, коли зістрибує з певної висоти, не рухається з постійною швидкістю. Із положення нерухомості, тобто нульової швидкості в момент зістрибування, тіло людини починає рухатись із зростаючою швидкістю і в момент торкання опори швидкість досягає свого максимуму. Вираховують прискорення за формулою: $\alpha = \frac{\Delta v}{\Delta t}$, де α – прискорення; Δv – зміна швидкості; Δt – різниця моментів часу. Одиницею вимірювання є зміни в метрах за секунду кожному секунду ($\text{м} \cdot \text{с}^{-2}$).

8. Чи змінюється прискорення залежно від зміни напрямку руху?



Прискорення можна оцінити за аналогією з графіком «положення – час», тобто використавши залежність «швидкість – час» (на вісі ординат відкладається величина швидкості в м·с⁻¹). Якщо точки 1, 2, 3, 4, 5 мають відповідні координати (див. рис), то, скориставшись ними, отримаємо наступні значення прискорення:

$$(2 - 0,5) : (3 - 1) = 0,75;$$

$$(3,5 - 2) : (4 - 3) = 1,5;$$

$$(3,5 - 3,5) : (7 - 4) = 0;$$

$$(1 - 3,5) : (9 - 7) = -1,25 \text{ м} \cdot \text{с}^{-2}.$$

Отже, як у випадку із швидкістю, прискорення також має і величину і напрямок, тобто є величиною векторною.

9. Як змінює швидкість руху тіла сила тяжіння Землі?

На будь-яке тіло, що знаходиться у фізичному полі Землі, діє сила тяжіння і надає йому постійне прискорення, яке дорівнює $9,81 \text{ м} \cdot \text{с}^{-2}$ над рівнем моря.

10.3 якою швидкістю рухається тіло у разі скомпенсованої дії сили тяжіння?

Відсутність діючої на тіло сили означає, що тіло знаходиться в стані нерухомості (наприклад, реакція опори, на якій знаходиться тіло, скомпенсовує дію сили тяжіння) або рухається з постійною швидкістю (у випадку, коли сила тиску згораючих газів на поршень, який призводить до руху лопасті двигуна літака, скомпенсовує дію сили тяжіння Землі), тобто прискорення у такому випадку відсутнє.

11. Який рух називають поступальним?

Переміщення тіла, коли будь-яка його частина або все тіло цілком переміщується паралельно свому початковому положенню протягом усього діапазону руху, називають поступальним.

12. Який рух називають обертальним?

Якщо усі частини тіла здійснюють неоднакові переміщення і при цьому описують кола різного радіусу, але мають спільну вісь, то тіло обертається.

13. Який рух називають площинним?

Поєднання поступального і обертального рухів в одній площині називається площинним рухом і включає в себе обертання навколо точки, яка сама переміщується.

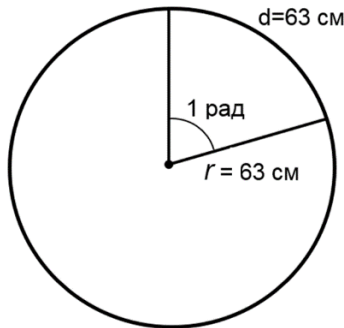
14. Коли спостерігається переміщення в просторі?

Якщо обертання навколо точки, яка сама до того ж змінює своє положення, відбувається більше ніж в одній площині, то мова йде про переміщення в просторі. Інколи такий рух називають тривимірним.

15. В яких одиницях вимірюються поступальний та обертальний рухи?

Одиницею поступального (лінійного) руху є метр. Обертальні (кутові) переміщення вимірюються в градусах або радіанах. Один радіан дорівнює $57,3^\circ$.

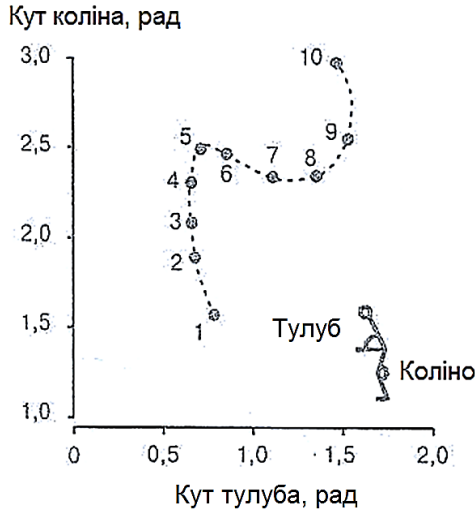
16. Як визначити колове переміщення в 1 радіан?



Розглянемо приклад: довжина руки метальника від плечової антропометричної точки до диска складає 63 см. Під час обертання руки в плечовому суглобі диск описує коло. Коли

ж диск пройшов по своїй траєкторії шлях довжиною 63 см, то рука і диск повернулися на кут в 1 радіан.

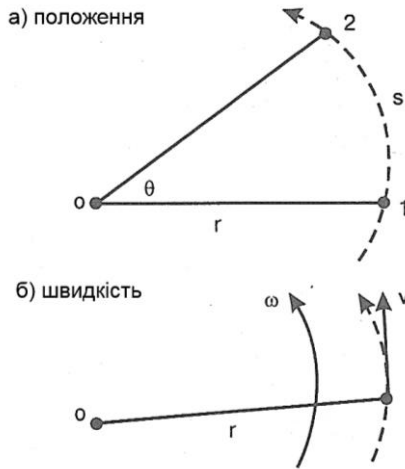
17. Що відображає графік руху «кут – кут»?



З метою аналізу руху, як правило, будується графік відповідної перемінної (наприклад, кут виносу стегна) залежно від часу. Але оскільки рух людини здійснюється шляхом обертання сегментів тіла один відносно іншого, частіше більше інформації дає вивчення залежності між різними кутами ланок тіла, які виникають під час руху. Такий графік, який називається діаграмою кут – кут, зазвичай відображає кут між двома прилеглими сегментами тіла відносно до абсолютного кута сегмента тіла, тобто кута відносно опорного напрямку в оточуючому середовищі. Наприклад, діаграма коліно – тулуб під час підняття штанги показує, що рух від початкового

положення присіду до проміжного положення штанги в районі поперекового відділу хребта включає три яскраво виражені фази: а) випрямлення колінного суглоба і невеликий поворот тулуба вперед; б) поворот тулуба назад і згинання колін; в) випрямлення колінного суглоба і деякий поворот тулуба назад-вперед.

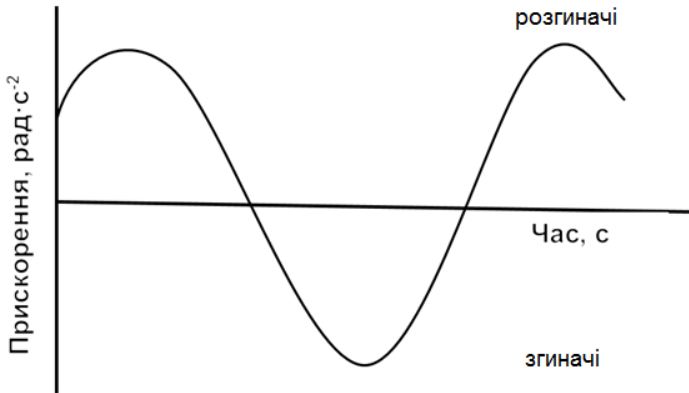
18. Як змінюється лінійна швидкість із збільшенням відстані від осі обертання?



Коли тверде тіло фіксованої довжини, наприклад, верхня кінцівка (r), обертається навколо точки (O) і переходить із положення 1 в положення 2, то переміщення тіла (S), наприклад, диск, затиснутий в кисті спортсмена, визначається рівнянням: $S = r \cdot \theta$. Лінійна швидкість, у свою чергу, визначається як швидкість зміни положення: $\frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{\Delta(r \cdot \theta)}{\Delta t}$. Оскільки r (довжина кінцівки) має фіксоване числове значення і не змінюється в часі,

то вираз набуває вигляду: $\frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{r \cdot \Delta \theta}{\Delta t}$. Відношення $\frac{\Delta \theta}{\Delta t}$ характеризує кутову швидкість (ω). Звідси лінійну швидкість можна вирахувати як $v = r \cdot \omega$. Із цього рівняння видно, що зі збільшенням відстані від осі обертання (r) зростає і лінійна швидкість. Отже, в метанні диска перевагу мають атлети із довгими руками.

19. Як можна визначити зміну прискорення без використання графічної залежності швидкість – час?



Розглянемо приклад. Рух згинання – розгинання ліктьового суглоба складається із двох частин: спочатку – повного розгинання, а потім повернення у вихідне положення, тобто двох зустрічних процесів включення м'язової активності. А саме, повне розгинання ліктя супроводжується активізацією м'язів-розгиначів (трицепс брахії), за яким слідує перехід до активізації м'язів-згиначів (біцепс брахії, брахіорадіаліс), щоб загальмувати швидкість кінцівки. Рух до вихідного положення

здійснюється шляхом активізації згиначів ліктьового суглоба, за яким відбувається активізація його розгиначів для гальмування руху. При взаємному накладанні цих процесів результуюча активність складається із активності розгиначів ліктьового суглоба, за яким відбувається активність його згиначів і на останок – активність розгиначів. Така картина м'язової активності, підтвердженої даними електроміографії (ЕМГ), дає трифазну криву прискорення – час.

Біодинаміка рухових дій

1. Що називають ходьбою і бігом?

Природні способи пересування кроками з відштовхуванням від ґрунту за допомогою м'язів ніг називають ходьбою (бігом).

2. Чому ходьбу і біг називають циклічними вправами?

Під час ходьби і бігу кроки і зв'язані з ними рухи рук і тулуба весь час повторюються у тому самому порядку без перерви.

3. Що становить один цикл рухів під час ходьби і бігу?

Цикл рухів під час ходьби і бігу включає подвійний крок, тобто крок з лівої та правої ноги.

4. З яких рухів складається цикл в ходьбі?

Цикл рухів у ходьбі складається з чотирьох періодів: подвійної опори, одиночної опори однією із ніг, подвійної опори, одиночної опори іншою ногою.

5. З яких рухів складається цикл в бігові?

В циклі рухів з бігу є чотири періоди, а саме опора однією із ніг, політ, опора іншою ногою, політ.

6. З яких періодів складаються кроки у ходьбі і бігові?

Кожний крок під час ходьби і бігу складається з двох періодів: періоду опори і періоду переносу ноги.

7. Чим крок в ходьбі відрізняється від кроку в бігові?

Хоча кроки в ходьбі і бігу складаються з тих самих періодів – опори і переносу ноги, проте існує відмінність в їх тривалості. У кроці з ходьби більш тривалим, порівняно із переносом ноги, є період опори. У той час, як у біговому кроці навпаки – більш тривалим є період переносу ноги, ніж опори.

8. Чому в циклі з бігу є періоди польоту, а в циклі з ходьби – періоди подвійної опори?

Наявність періоду польоту в циклі з бігу пов'язана з тим, що під час бігу період опори в кроці триває менше часу, ніж період переносу ноги, тому спостерігається певне нашарування в часі, коли ще не закінчився переніс однієї ноги, а вже почався переніс іншої.

ліва нога	переніс		опора	переніс	періоди
права нога	опора	переніс			періоди
подвійний крок					цикл
	опора	політ	опора	політ	періоди

Присутність двоопорних положень ніг під час ходьби пояснюється тим, що період опори в кроці триваліший, ніж

період переносу ноги, тобто ще не закінчилась опора однієї ноги, як почалась опора іншої. Тому періоди опори в часі нашаровуються один на один. Внаслідок цього весь час зберігається опора на ґрунт, легкоатлетичну доріжку.

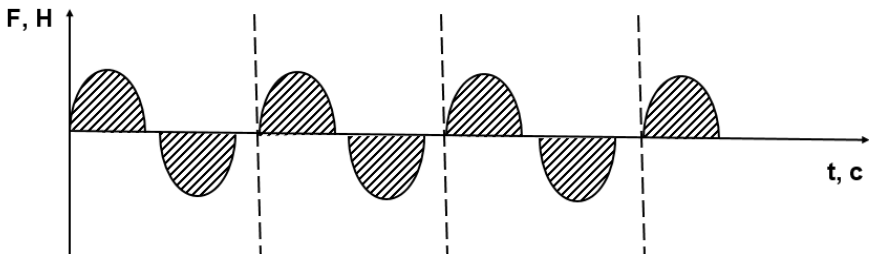
ліва нога	опора	переніс	опора	періоди періоди
права нога	опора		переніс	
подвійний крок				цикл
подвійна опора	одиночна опора	подвійна опора	одиночна опора	періоди

9. На які фази поділяються періоди циклів ходьби і бігу?

Періоди циклів ходьби і бігу поділяються на фази: період опори – на фази передньої опори і задньої опори, а період переносу – на фази заднього кроку та переднього кроку.

10. Чому кроки в циклі ходьби і бігу виконуються одночасно?

Під час ходьби і бігу спостерігається одночасність виконання кроків. Це зумовлено тим, що початок кроку одного циклу є одночасно закінченням кроку попереднього циклу. Водночас закінчення кроку даного циклу є одночасно початком кроку наступного циклу.



11. Якими кінематичними характеристиками руху управляє людина, яка має за мету змінювати швидкість бігу?

Швидкість бігу людини залежить від зміни нею довжини і частоти кроків. Збільшення цих компонентів призводить до зростання швидкості. І навпаки, їх зменшення відображається на зниженні швидкості бігу.

12. Який взаємозв'язок мають між собою довжина і частота кроків?

Частота і довжина кроків пов'язані між собою оберненою лінійною залежністю. Так, збільшення довжини кроків призводить до зменшення їх частоти. І навпаки, збільшення частоти кроків неминуче призводить до зменшення їх довжини. Звідси завдання спортсменів в ході вдосконалення техніки бігу чи ходьби полягає в оптимальному індивідуальному поєднанні між собою цих двох кінематичних характеристик руху.

13. Яка кінематична характеристика як можливість управління швидкістю під час природних локомоцій формується першою в ході онтогенезу моторики людини?

Під час засвоєння дитиною можливості вертикального пересування способом відштовхування від ґрунту за допомогою м'язів нижніх кінцівок першочерговим прийомом підвищення швидкості ходьби, а згодом і бігу, виступає збільшення нею частоти кроків.

14. Дайте визначення поняттю «частота кроків (темп рухів)».

Частотою або темпом рухів називається їх кількість, яка виконується за одиницю часу.

15. Як вимірюють швидкість кроків?

Швидкість кроків під час ходьби чи бігу вимірюється із відношення їх довжини до часу, який витрачається на здійснення кроку.

16. Як визначити швидкість пересування під час крокових локомоцій?

Швидкість пересування під час бігу або ходьби дорівнює добутку довжини кроку та їх частоти на досліджуваній ділянці шляху.

17. Що розуміють під локомоторними рухами (локомоціями)?

Якщо людина здійснює пересування на опорі або в середовищі (наприклад, водному) способом відштовхування за допомогою м'язових зусиль, то такі рухи називаються локомоторними.

18. За рахунок яких компонентів руху виконується відштовхування від опори?

Відштовхування від опори виконується узгодженою взаємодією власне відштовхування опорними кінцівками та махових рухів вільних кінцівок та інших частин тіла.

19. Опорні ланки тіла під час відштовхування виконують статичну чи динамічну роботу?

Під час відштовхування ланки тіла, які здійснюють опору, знаходяться відносно неї у нерухомому положенні. У такому випадку через цю частину тіла передається сила інерції, утворювана іншими ланками тіла, що, у свою чергу, спричиняє тиск на опору. Протидією цьому тиску є реакція опори. Її дія прикладена до опорної ланки тіла і спрямована у протилежний бік сили тиску на опору. Таким чином реакція опори та сила інерції однакові за величиною, але різноспрямовані, що й забезпечує врівноваження та фіксацію опорної ланки тіла.

20. Чому тіло людини вважають саморухомою системою?

Особливістю тілобудови людини є те, що сила тяги м'язів прикладена до рухомих ланок тіла, з'єднаних між собою суглобами. За допомогою сухожилків м'язи кріпляться до кісток, тому їх сила тяги відносно кісток є силою зовнішньою. Оскільки механічна робота здійснюється під дією зовнішніх сил, прикладених до тіла, то звідси прискорення центрів мас рухомих ланок тіла зумовлене зовнішніми для них силами, тобто силою тяги м'язів.

21. Чому реакція опори не слугує рушійною силою для виконання роботи, тобто локомоторних актів людини?

Оскільки під час відштовхування опорна ланка тіла знаходиться в статичному положенні, тобто не рухається і її

шлях дорівнює нулю, то робота реакції опори як зовнішньої сили відносно опорної ланки також дорівнює нулю. Отже, реакція опори сама по собі рух не спричиняє, а звідси не є рушійною силою.

22. Дайте визначення поняттю “махові рухи”.

Швидкі рухи вільних ланок тіла, які однакові за напрямком з відштовхуванням опорною ланкою тіла від опори, називаються маховими рухами під час відштовхування.

23. Чому махові рухи вважають складовою частиною відштовхування?

В ході махових рухів відбувається переміщення центрів мас ланок тіла, а значить одночасно відбувається переміщення загального центру мас тіла. Збільшення швидкості махових рухів призводить до відповідного прискорення загального центру мас, що підвищує ефективність виконання рухового завдання.

24. З яких фаз складаються махові рухи і як змінюються прискорення вільних ланок під час виконання махових рухів?

В махових рухах вільних ланок тіла виділяють фазу розгону ланки і фазу гальмування. У фазі розгону швидкість ланки збільшується до максимуму, а в фазі гальмування зменшується до нуля. Швидкість загального центру мас тіла, досягнута у фазі розгону, від гальмування махових ланок не змінюється. Це викликано тим, що м'язові сили тільки

перерозподіляють швидкості ланок тіла, залишаючи незмінними кількість руху всього тіла і його кінетичний момент.

25. Який механізм впливу махових рухів, наприклад руками, на результат стрибків під час відштовхування від опори?

Коли прискорення махових ланок має напрямок від опори, виникають сили інерції цих ланок, що спрямовані до опори. Разом з вагою тіла вони завантажують м'язи опорної ноги і цим збільшують їх напругу. Додаткове навантаження уповільнює скорочення м'язів і збільшує їх силу тяги, в результаті цього м'язи поштовхової ноги напружуються більше і скорочуються відносно довше. В зв'язку з цим збільшується також імпульс сили, який дорівнює добутку сили на час її дії. Більший імпульс сили дає більший приріст кількості руху, а значить і збільшення швидкості.

26. Якщо імпульс сили, що відіграє ключову роль в ході опорних реакцій, зумовлений добутком сили на час її дії, то чому не можна свідомо збільшити час відштовхування, щоб покращити результат стрибків?

Свідоме уповільнення відштовхування від опори в стрибках зменшує прискорення вільних ланок тіла, сил інерції, які виникають в них, а також і сили тяги м'язів. Це спричиняє уповільнення руху загального центру мас тіла.

27. Якій величині дорівнює реакція опори, коли людина знаходиться на ній в стані нерухомості?

Коли людина знаходиться в нерухомому положенні на опорі, то величина реакції опори дорівнює статичній вазі людини.

28. Чому не можна визначити одну рівнодійну силу відштовхування тіла людини від опори?

Тіло людини вважають саморухомою системою, в якій до кожної ланки прикладені декілька сил. Ці сили у сукупності і визначають рух саме цієї ланки. Замінити всю кількість сил, їх величину і напрямок дії, прикладених до різних ланок тіла, рівнодійною рушійною силою в такому випадку практично неможливо. Тому однієї рівнодійної сили відштовхування, яка могла б викликати різні рухи багатьох ланок тіла у різних напрямках, не існує, а отже, точно визначити відштовхування від опори можна лише умовно.

29. Який момент руху на опорі вважають початком відштовхування?

Початком відштовхування вважають момент розгинання опорної ноги в колінному суглобі, до якого приєднується підшвіне згинання стопи в гомілкостопному суглобі.

30. Який момент руху крокових локомоцій вважають закінченням відштовхування?

Закінченням відштовхування під час ходьби або бігу вважають момент відриву стопи від опори (хоча аналіз

динамограм показує, що взаємодія стопи з опорою закінчується дещо раніше).

31. У чому полягає сутність амортизації тіла відносно опори?

Амортизація разом із відштовхуванням складають період опори крокових рухів. Вона проявляється у вигляді гальмування тіла за напрямком до опори і починається з постановки ноги на опору. При цьому спостерігається поступливий рух м'язів у вигляді розтягування, що призводить до зменшення швидкості руху тіла вниз. У кінці амортизації вертикальна складова швидкості загального центру мас тіла знижується до нуля, опускання тіла вниз завершується. Протягом цього часу горизонтальна складова швидкості хоча і зменшується, але тіло не зупиняється, а продовжує сповільнено рухатися уперед.

32. Яким рухом можна компенсувати втрати горизонтальної швидкості опорної ноги під час амортизації тіла?

Постановка ноги на опору з більшою швидкістю, яка має напрямок руху назад (так званий “рух під себе”), знижує втрати швидкості всього тіла під час опори.

33. Які складові руху забезпечують переніс ноги у ході виконання кроку?

Коли закінчується період опори, починається період переносу ноги. Переніс складається із підйому ноги назад, розгону, гальмування та опускання на опору.

34. Дайте характеристику підйому ноги після закінчення її опорного положення у ході виконання крокових рухів?

Підйом ноги назад починається зразу після її відриву від опори, а закінчується початком її руху вперед відносно тазу. Межею між цими двома компонентами руху слугує найбільший кут нахилу стегна назад відносно вертикалі. Піднімання ноги назад відбувається внаслідок різниці швидкостей. Тобто, коли поштовхова нога зумовила рух вперед, таз набув більшої швидкості порівняно із швидкістю нижніх ланок поштовхової ноги, які, здійснюючи опору, набувають незначної швидкості. Такий перерозподіл швидкостей стимулює спочатку відставання ноги від таза та її підйом за ним вверх.

35. Які особливості розгону ноги під час її переносу в крокових рухах?

Розгін ноги починається в момент згинання стегна у кульшовому суглобі та закінчується в момент набуття центром мас переносної ноги найбільшої швидкості. Тобто відбувається розгін махового руху.

36. В які моменти руху починається і закінчується гальмування переносної ноги в крокових рухах?

Гальмування переносної ноги починається в момент набуття найбільшої швидкості її центру мас та закінчується в крайньому передньо-верхньому положенні стегна. Це фаза гальмування махового руху.

37. Які моменти кроку ходьби або бігу свідчать про опускання переносної ноги?

Опускання ноги на опору починається з моменту крайнього передньо-верхнього положення стегна та закінчується в момент постановки стопи на опору.

38. У чому полягає особливість розведення стоп під час періоду польоту в бігові?

Під час періоду польоту стопи ніг рухаються відносно тазу у різні боки. Стопа передньої ноги виноситься вперед згинанням стегна та гомілки, у свою чергу, стопа задньої ноги, що була поштовховою, залишається позаду таза, випрямляється повністю в польоті і стегно її відводиться назад. У результаті цих рухів відбувається розведення стоп до найбільшої відстані між ними. Розгін стегна махової ноги змінюється його гальмуванням, а згинання гомілки в колінному суглобі переходить у розгинання різким рухом уперед. Такі рухи ногами не змінюють горизонтальну швидкість загального центру мас тіла, але тулуб унаслідок переважання енергії виносу однієї ноги вперед над енергією відставання іншої ноги позаду отримує незначне гальмування.

39. Яким чином відбувається зведення стоп під час періоду польоту в бігові?

Після найбільшого розведення стоп починається їх зведення. Це відбувається внаслідок виносу задньої ноги вперед

та прискороного опускання стопи передньої ноги вниз і назад. Зведення стоп здійснюється при зустрічних (відносно тазу) швидкостях стоп. Значне прискорення опускання стопи може призвести до скорочення часу польоту, що відображається на підвищенні частоти кроків, а також забезпечує близьке до вертикалі положення ноги під час постановки її на опору, що зменшує гальмівний вплив опори по горизонталі.

40. За рахунок яких кінематичних характеристик відбувається покращення результату в стрибках?

На результат стрибків як горизонтальних, так і вертикальних впливають у першу чергу величина початкової швидкості вильоту та кут вильоту тіла людини.

41. Які завдання вирішує людина під час розбігу в стрибках?

Під час розбігу в стрибках вирішуються два завдання, а саме, розвинути необхідну швидкість до моменту відштовхування та створення оптимальних умов для опорної взаємодії.

42. Які особливості розбігу в стрибках у довжину?

Розбіг у стрибках в довжину необхідний для набуття людиною найбільшої швидкості пересування перед відштовхуванням. Власне перед відштовхуванням декілька останніх кроків мають певні особливості, а саме, вони подовжуються, що створює більш низьке положення загального

центру мас тіла, а останній крок, навпаки, стає зазвичай коротшим і здійснюється швидше.

43. У чому полягають відмінності розбігу в стрибках у висоту?

В стрибках у висоту велика швидкість розбігу не потрібна, тому дистанція розбігу незначна (приблизно 7-9 бігових кроків). Поштовхова нога на місце відштовхування ставиться гальмівним рухом, що зменшує горизонтальну швидкість, але при цьому підвищується вертикальна. Це дозволяє прийняти вихідне положення при оптимально зігнутій поштовховій нозі, що сприяє достатньому розтягненню та напруженню її м'язів, раціональному місцеположенню загального центру мас тіла, а також необхідній швидкості завершення розбігу.

44. Які завдання вирішує людина під час відштовхування від опори в стрибках?

Завдання відштовхування в стрибках полягає в тому, щоб, по-перше, забезпечити максимальну величину початкової швидкості загального центру мас, по-друге, оптимальний напрямок швидкості руху, а по-третє, початок управління обертальними рухами в суглобах, коли після відштовхування тіло перебуває в безопорному положенні.

45. Поясніть особливості відштовхування у легкоатлетичних стрибках.

У момент постановки ноги на опору починається амортизація – рух тіла вниз, що проявляється у вигляді

підсідання на поштовховій нозі. Розтягування м'язів-антагоністів поштовхової ноги призводить до оптимально низького положення загального центру мас, що дає можливість збільшити його шлях прискорення. Коли ще відбувається згинання поштовхової ноги в колінному суглобі, а місце опори знаходиться попереду загального центру мас, то спортсмен вже починає здійснювати активний переكات у вигляді розгинання поштовхової ноги у кульшовому суглобі, що сприяє швидкому просуванню тіла вперед. У подальшому випрямлення поштовхової ноги та махові рухи вільними ланками тіла вперед-уверх викликають їх сили інерції, які спрямовані вже вниз-назад. Останні разом із вагою тіла зумовлюють динамічну вагу, яка діє безпосередньо на опору. Реакція опори через поштовхову ногу спричиняє вплив на тіло спортсмена, забезпечуючи таким чином необхідний кут вильоту.

46. Як вирішується завдання подовження траєкторії польоту в горизонтальних стрибках?

Щоб максимально подовжити траєкторію польоту під час стрибків у довжину, людині необхідно як можна вище утримувати свої стопи.

47. Що необхідно зробити, щоб забезпечити просування тіла вперед після приземлення в горизонтальних стрибках?

У момент приземлення необхідно як найвище підняти випрямлені ноги та відвести руки за спину. Це дає можливість після приземлення за допомогою різкого руху рук уперед з

наступним розгинанням тулуба просунути тіло вперед від місця приземлення.

48. Від яких кінематичних характеристик залежить дальність польоту спортивних снарядів?

На траєкторію та дальність польоту снарядів впливають початкова швидкість вильоту, кут вильоту, висота вильоту снаряда над місцем опори, обертання снаряда та опір повітря. Остання характеристика залежить від обтічності снаряда, сили і напрямку вітру в даний момент часу, а також щільності повітря, яка є відмінною в різних географічних точках планети.

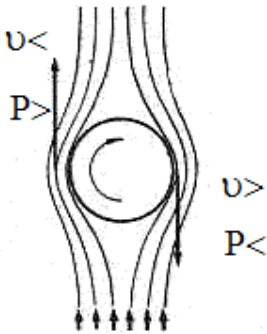
49. Охарактеризуйте основні кути вильоту спортивних снарядів.

Існує декілька основних кутів вильоту снарядів. Серед них розрізняють: кут місця, азимут та кут атаки. Зокрема, кут місця являє собою кут між горизонталлю (лінія, яка проходить через загальний центр мас снаряда і паралельна лінії горизонту) та вектором швидкості вильоту. Цей кут визначає рух снаряда у вертикальній площині, тобто вище-нижче. Азимут – це кут вильоту в горизонтальній площині і характеризує рух відносно напрямку правіше-лівіше. Він вимірюється шляхом зіставлення з необхідним місцем потрапляння снаряда. І нарешті, кут атаки визначається кутом між вектором швидкості вильоту і поздовжньою віссю снаряда.

50. Яка залежність висоти випуску снаряда та дальності його польоту?

Дальність польоту спортивних снарядів збільшується приблизно на стільки, на скільки зростає висота випуску снаряда над опорою.

51. Опишіть особливості взаємодії обертання снаряда, який знаходиться у вільному польоті, та опору повітря.



Взаємодія снаряда, який пересувається в повітрі, характеризується двома факторами. По-перше, обертання ніби стабілізує політ снаряда, чим унеможлиблює появу хаотичних рухів, подовжуючи тим самим утримання висоти траєкторії. По-друге, коли снаряд швидко обертається, він захоплює шари повітря, які до нього прилягають. Причому швидкість потоку повітря з різних його боків буде різною. З того боку, де швидкості поступального і обертального рухів сумуються, швидкість руху повітря зростає, але тиск повітря на снаряд зменшується. З протилежного боку ці швидкості вираховуються і їх різниця призводить до зменшення швидкості повітря, проте його тиск на снаряд збільшується. Цей ефект (названий на честь вченого, який його обґрунтував, Магнуса)

сприяє ще більшому викривленню траєкторії польоту снаряда, тобто його закручуванню.

52. Яка траєкторія польоту снарядів називається крученою, а яка – різаною?

Якщо напрямок обертання спортивних снарядів, наприклад м'яча, співпадає із напрямком польоту, то така траєкторія називається крученою, а якщо ні – різаною.

53. У чому полягає сутність хльосткого руху в метаннях і кидках?

Виконання хльосткого руху в метаннях і кидках зумовлено тим, що проксимальні суглоби (плечовий і ліктьовий) спочатку швидко рухаються у бік кидка (метання) снаряда, а потім різко гальмуються. Безсумнівно, що швидкість у цих суглобах зменшується, але при цьому збільшується швидкість руху у дистальному суглобі (зап'ястково-п'ястковому) за рахунок складання швидкостей на цих етапах руху.

54. Яка послідовність розвитку сегментної активності тіла під час кидків і метань?

Типовим для кидків і метань є послідовність розвитку сегментної активності тіла. Вона включає в себе реакцію опори, що передається від одного сегменту тіла до іншого, і далі до кисті. Тобто швидкість снаряда, який необхідно випустити з руки, збільшується спочатку за рахунок дії ніг, а далі швидкість зростає за рахунок впливу обертання в суглобах тулуба і рук.

При цьому спостерігається явище оптимальної затримки повороту одного сегменту (наприклад, таза) відносно наступного (верхньої частини тулуба і так далі). Тобто проксимальні сегменти починають уповільнюватись до того, як дистальні сегменти досягли максимуму кутової швидкості.

55. Чому кінематика кидка снаряда на дальність є тривимірною?

Під час виконання кидка снаряда на максимальну відстань способом із-за голови через плече сегменти тіла людини змінюють своє положення у вертикальному, боковому та поздовжньому напрямках.

56. У чому полягає стратегія управління рухами під час кидків снарядів на точність?

У кидках на точність (наприклад, штрафні у баскетболі, кидки у гандболі) рухи людини, як правило, є площинними, і стратегія управління ними пов'язана із залученням мінімальної кількості сегментів тіла, які беруть участь у русі. Це пояснюється тим, що при більшій кількості учасників руху, тобто сегментів тіла, вектори швидкостей і сили їх дії не співпадають за напрямком, тому їх складання може бути тільки геометричним за правилом паралелограма, що неминуче призведе до відхилення траєкторії руху спортивного снаряда від цілі.

57. З чим пов'язаний так званий обгін ланок тіла у спортсменів метальників і штовхальників спортивних снарядів?

З метою збільшення початкової швидкості вильоту снаряда спортсмени намагаються збільшити шлях впливу на нього у фінальному зусиллі за рахунок обгону ланок власного тіла. Наприклад, штовхальники ядра збільшують нахил тіла, зменшуючи тим самим відстань від ядра до землі.

58. Чому поштовх вважається ударним рухом?

Політ спортивного снаряда при поштовху є результатом короткочасної дії кінцівки, або її доповнення – ракетки в тенісі, ключки в хокеї тощо, на нього. Під час цих видів руху спостерігається проксимально-дистальна послідовність впливу сегментів тіла на швидкість кінцевої ланки, або її доповнення, яка наносить удар по снаряду. Швидкість ударної ланки при цьому максимально зростає.

59. Що розуміють під точністю руху?

Під точністю руху розуміють ступінь його відповідності вимогам рухового завдання.

60. Які види руху, що характеризуються точністю, вам відомі?

У біомеханічному аналізі фізичних вправ розрізняють два види рухових дій, що характеризуються точністю їх виконання. Так, коли необхідно забезпечити точність руху по всій довжині

його траєкторії, наприклад, гімнастичні комбінації, акробатичні стрибки, говорять про точність слідкування. У той же час, коли неважлива траєкторія руху, а головне – попасти в ціль, це називається цільовою точністю. Прикладами останньої можуть бути кидки м'яча в баскетбольний кошик, політ стріли у стрільбі з лука тощо.

61. Які існують способи оцінки цільової точності?

Для оцінки точності виконання рухового завдання використовують різні способи. Зокрема, до них відносяться систематична помилка, випадкова помилка, кучність.

62. Що називають систематичною помилкою потрапляння в ціль?

Коли спортивний снаряд, наприклад, м'яч, під час багаторазових його кидків, характеризується відхиленням від цілі потрапляння у вигляді недольоту або перельоту, то така середньостатистична точка зміщення від центру цілі називається систематичною помилкою.

63. Як визначають випадкову помилку потрапляння в ціль?

У ході виконання рухових дій, які характеризуються цільовою точністю, спортивний снаряд може мати певне розсіювання свого приземлення відносно середньостатистичної точки потрапляння. Таке розсіювання описується законом нормального розподілення. Останнє характеризується

середньою арифметичною величиною та стандартним (середнім квадратичним) відхиленням. В основі середнього квадратичного відхилення лежить співставлення кожної варіанти із середнім арифметичним кількості спроб виконання завдання:

$$S = \sqrt{S^2} = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2 n}{n-1}},$$

де S – середнє квадратичне відхилення; \sum – знак суми; x_i – варіанти; \bar{x} – середнє арифметичне; n – обсяг вибірки.

Власне стандартне відхилення і вказує на величину випадкової помилки точності потрапляння. Чим більше стандартне відхилення, тим більша варіативність виконання рухового завдання.

64. Що називається кучністю потрапляння в ціль?

Сукупна відстань між кожним наступним потраплянням в ціль називається кучністю. Її величина зворотна стандартному відхиленню. Чим вона нижча, тим відповідно вище кучність потрапляння в ціль.

65. За яких умов спортивний снаряд завжди потрапить в ціль?

Спортивний снаряд після його випуску потрапить в ціль, якщо буде бездоганне поєднання кута та швидкості його вильоту. Зміна однієї з цих механічних характеристик, навіть за незмінності іншої, неодмінно призведе до невлучання.

66. Яку корекцію техніки виконання рухової дії називають прелімінарною (попередньою)?

Організація рухової дії, під час якої полегшується виправлення помилок, що виникають у ході її виконання, може суттєво вплинути на досягнення високої цільової точності. Оскільки усунення рухових помилок відбувається до моменту закінчення дії, то таку корекцію називають прелімінарною, тобто попередньою.

67. Чому під час ударних рухів, наприклад, ногою по м'ячу у футболі, спостерігається високий ступінь відхилення потрапляння м'яча в ціль?

Досягнення цільової точності під час ударної взаємодії ноги з м'ячем у футболі залежить від точки прикладання зусиль на м'ячі. Якщо точка обрана футболістом неоптимально, м'яч відхилиться від необхідної траєкторії польоту. Наприклад, під час удару з 20 м достатньо помилитися в точці взаємодії на 1 см, щоб м'яч відхилився від цілі на 2 м. Підвищити точність удару можна, якщо збільшити площу взаємодії, зокрема виконати удар внутрішньою стороною стопи.

68. Яка біомеханічна особливість лежить в основі потрапляння м'яча, що рухається, в ціль, коли є можливість у гравця тільки підставити частину тіла (голову, ногу тощо)?

Щоб спрямувати м'яч у необхідному напрямку, не здійснюючи удар по ньому, необхідно підставити частину тіла

таким чином, щоб її площа була перпендикулярною до умовної лінії, яка поділяє кут, утворений напрямком польоту м'яча до його торкання з тілом та лінією напрямку до цілі після його взаємодії з тілом, приблизно навпіл.

69. У чому полягає біомеханічна відмінність потрапляння м'яча, що рухається, в ціль, коли здійснюється удар по ньому, порівняно з тим, коли під м'яч тільки підставляється частина тіла?

Під час ударних дій до початкової швидкості рухомого м'яча додається швидкість власне удару. Вони між собою складаються геометрично за правилом паралелограма. М'яч у результаті удару по ньому потрапить у ціль, якщо напрямок і сила удару будуть точно відповідати напрямку і швидкості м'яча, що летить (до удару), тобто їх результуюча швидкість повинна бути спрямована в ціль.

70. Що у біомеханіці називається ударом?

Якщо при взаємодії тіл різко змінюються їх швидкості, а сила взаємодії настільки значна, що дією інших сил можна знехтувати, то таке явище називається ударом.

71. Чому приземлення після стрибків і зістрибувань, а також виліт стріли з лука є прикладами ударів?

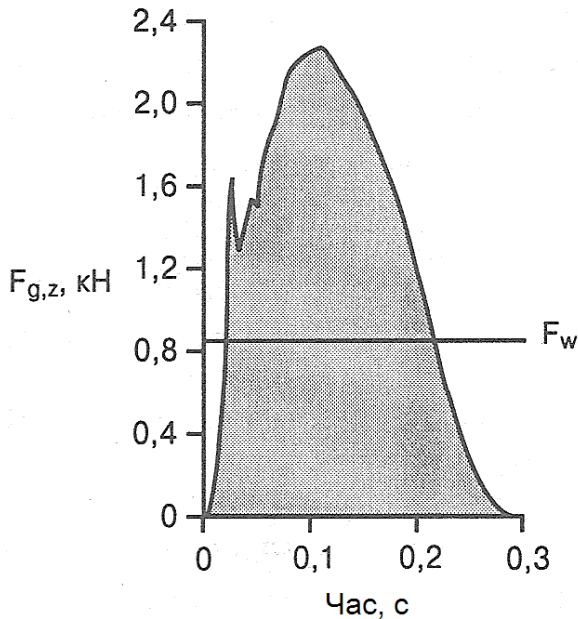
У першому випадку швидкість тіла людини різко знижується до нуля, у другому – навпаки, швидкість до початку взаємодії дорівнює нулю, а потім різко зростає.

72. Охарактеризуйте динаміку ударних сил.

Під час ударних взаємодій сила спочатку швидко зростає до свого найбільшого значення, а потім зменшується до нуля. При цьому максимальне значення сили може бути дуже великим.

73. Який показник слугує мірою ударної взаємодії тіл?

Характеристика ударної взаємодії тіл здійснюється за допомогою, в основному, ударного імпульсу. Чисельно він дорівнює заштрихованій площі під кривою сила – час, а обраховується як добуток прояву сили за час взаємодії: $S = F \cdot \Delta t$, де S – ударний імпульс; F – ударна сила; Δt – час удару (часова різниця початку (t_1) і закінчення (t_2) удару).



74. Від чого залежить зміна швидкості тіла під час ударної взаємодії?

Під час удару зміна швидкості тіла прямо пропорційна ударному імпульсу та зворотно пропорційна масі тіла. Тобто, ударний імпульс дорівнює зміні кількості руху тіла.

75. Яка послідовність явищ спостерігається під час ударних дій?

Під час ударної взаємодії відбувається наступна послідовність механічних явищ:

1) спочатку виникає деформація тіл, що між собою контактують;

2) одночасно з цим кінетична енергія руху переходить в потенційну енергію пружної деформації;

3) потенційна енергія пружної деформації переходить в кінетичну енергію.

76. Яка умова лежить в основі поділу ударів на різновиди?

Види ударів відрізняються один від іншого залежно від того, яка частина потенційної енергії пружної деформації тіл переходить в кінетичну, а яка розсіюється у вигляді тепла.

77. Який удар називають пружним?

Якщо під час ударної взаємодії тіл уся механічна енергія, що при цьому утворилася, повністю зберігається, то такий удар називається пружним. Однак, властивості фізичних тіл такі, що

у будь-якому випадку частина механічної енергії під час удару завжди перетворюється в тепло. Найбільш близько за своєю характеристикою наближається до пружного удару, наприклад, удар більярдних куль.

78. Які удари називаються непружними?

Коли під час удару енергія пружної деформації тіл повністю перетворюється в тепло і розсіюється, то такий удар характеризується як непружний. При таких ударах набуті швидкості взаємодіючих тіл рівні, тобто тіла об'єднуються. Прикладом непружного удару може бути приземлення людини в стрибках.

79. Яка особливість несповна пружного удару?

Ударна взаємодія, під час якої лише частина пружної деформації тіл переходить в кінетичну енергію руху, свідчить про несповна пружний удар.

80. Що називають коефіцієнтом відновлення?

Коефіцієнт відновлення характеризує несповна пружний удар. Він дорівнює відношенню швидкостей взаємодіючих тіл після і до удару. Практично його можна визначити, наприклад, наступним чином: скинути м'яч на жорстку поверхню з певної висоти ($h_{над}$), а потім виміряти висоту, на яку він відскочив ($h_{від}$) –

$$K = \sqrt{\frac{h_{від}}{h_{над}}} = \frac{v_{після\ удару}}{v_{до\ удару}},$$

де K – коефіцієнт відновлення.

81. Від яких механічних характеристик залежить коефіцієнт відновлення?

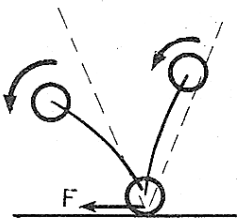
Коефіцієнт відновлення залежить від пружних властивостей взаємодіючих тіл. Наприклад, відскок тенісного м'яча під час взаємодії з різним покриттям (грунтовим, трав'яним, синтетичним) буде завжди іншим. Крім того, коефіцієнт відновлення залежить також і від швидкості ударної взаємодії, тобто зі збільшенням швидкості він, навпаки, зменшується.

82. Який удар у біомеханіці називається прямим?



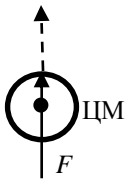
Якщо тіло, наприклад, м'яч падає з певної висоти перпендикулярно до горизонтальної поверхні, а потім після відскоку спрямовується в зворотному напрямку, то такий удар називається прямим.

83. Якими механічними характеристиками описується косий удар?



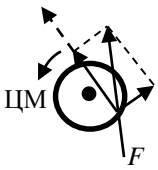
На відміну від прямого удару, під час косоного удару кут зближення тіла (м'яча) з горизонтальною поверхнею відмінний від нуля. Якщо удар несповна пружний, то кут відскоку після ударної взаємодії більше кута зближення, а швидкість відскоку від нерухомої поверхні менше, ніж до удару.

84. Які біомеханічні особливості центрального удару?



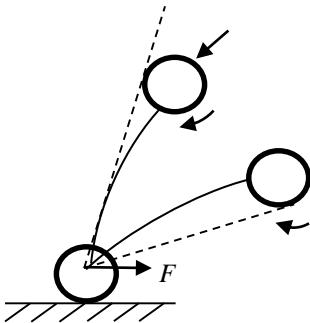
Центральний удар характеризується тим, що ударний імпульс, який виникає в результаті прикладання сили до, наприклад, м'яча проходить через його центр мас. Тому м'яч буде рухатись без обертання.

85. Яка особливість характерна для дотичного удару?



Якщо прикладена до м'яча сила буде дотичною, то виникаючий ударний імпульс не буде проходити через його центр мас. Таке явище спонукає до того, що м'яч після ударної взаємодії почне рухатись з обертанням.

86. Чи змінює обертання спортивного снаряда його відскок від горизонтальної поверхні?



Якщо обертання спортивного снаряда (м'яча, гімнастичного обруча) до ударної взаємодії з горизонтальною поверхнею було спрямоване в протилежну сторону відносно його поступального руху, то після удару поступальний рух снаряда змінить свій напрямок на зворотний.

87. Чи може обертання спортивного снаряда збільшити швидкість його поступального руху після ударної взаємодії з нерухомою горизонтальною поверхнею?

У разі переходу частини кінетичної енергії обертання в енергію поступального руху під час ударної взаємодії спортивного снаряда з нерухомою горизонтальною поверхнею, то величина поступальної швидкості після удару може бути більшою, ніж до удару.

88. Від чого залежить швидкість спортивного снаряда після удару по ньому?

Швидкість руху спортивного снаряда (м'яча, шайби в хокеї тощо) після удару по ньому залежить від маси тіла, що наносить удар, та його швидкості. Чим більші ці величини, тим більша швидкість спортивного снаряда після ударної взаємодії.

89. Чому в практиці спорту збільшення швидкості ударної ланки тіла не завжди призводить до збільшення швидкості польоту, наприклад, м'яча після удару по ньому?

Практика спорту в частині ударної взаємодії тіл доводить, що швидкість польоту спортивного снаряда після удару по ньому не завжди зростає зі збільшенням швидкості руху ланки тіла, що наносить удар. Це пов'язано з тим, що ударна маса ланки тіла спортсмена не завжди є постійною і залежить від зкоординованості його рухів. Наприклад, удар по м'ячу у волейболі при однаковій швидкості руху верхньої кінцівки можна нанести як розслабленою кистю, так і закріпленою за

допомогою активного стану м'язів-антагоністів усією кінцівкою, що зумовлює різну ударну масу, а звідси і різну швидкість польоту м'яча після удару.

90. Чи можна в спортивних ударних рухах змінити кількість руху під час ударної взаємодії тіл?

В спортивній практиці під час удару часто спостерігається явище, коли при достатньо короткочасному контакті довжина шляху взаємодіючих тіл може складати декілька десятків сантиметрів. Звідси, кількість руху під час ударної взаємодії можна змінити за рахунок дії сил, які не пов'язані безпосередньо із власне ударом. Наприклад, якщо необхідно точно передати м'яч партнеру при вкорочених ударах необхідно ударну ланку тіла довільно пригальмовувати, що призводить до зменшення ударного імпульсу і, відповідно, швидкості польоту м'яча. Або, навпаки, за необхідності збільшення ударного імпульсу і післяударної швидкості руху м'яча потрібно за допомогою активності м'язів додатково прискорити ударну ланку тіла.

91. Як забезпечити спортсмену координацію рухів, щоб удар виявився максимально сильним?

Щоб спортсмен, який не володіє значною м'язовою силою, зміг виконати максимально сильний удар, йому необхідно, по-перше, надати максимальної швидкості руху ланці тіла, яка буде наносити удар, до моменту її контакту з тілом взаємодії, а, по-друге, в момент дотику до тіла, по якому наносять удар, збільшити ударну масу ланки. Останнє досягається за рахунок

закріплення складових частин ударного сегменту шляхом одночасної активації м'язів-антагоністів та збільшення радіусу його обертання.

92. На які складові частини поділяється ударна дія?

В біомеханіці ударна дія поділяється на:

- 1) замах, тобто рух, що передує ударному руху, і слугує для збільшення відстані між ударною ланкою тіла людини і тілом, по якому наносять удар;
- 2) ударний рух, що відбувається від моменту закінчення замаху до моменту початку удару;
- 3) власне удар, тобто взаємодія контактуючих тіл;
- 4) післяударний рух, іншими словами рух ударного сегменту тіла людини після закінчення його контакту з тілом, по якому наносився удар.

93. Чи можуть виконуватись удари без якоїсь однієї із складових ударної дії?

Коли необхідно виконати прихований, несподіваний для суперника удар, спортсмен не використовує попередній замах. У такому випадку удар здійснюється за рахунок руху лише дистальних сегментів кінцівок (кисті, стопи).

94. Які біомеханічні особливості супроводжують вільне ковзання під час лижної ходи?

Вільне ковзання під час лижної ходи відбувається на фоні гальмівного впливу тертя лижі по снігу та незначного опору повітря.

95. Чому під час ковзання на лижах не можна робити прискорені рухи ланками тіла, що спрямовані вгору?

Якщо під час вільного ковзання лижної ходи виконати рухи з прискоренням ланок тіла, що спрямовані уверх, то виникне сила інерції цих ланок, що направлена вниз. Це викличе додатковий тиск на лижу, а значить і збільшить її тертя по снігу, що неминуче призведе до зниження швидкості пересування.

96. Які дії необхідно виконати лижнику, щоб зменшити силу тертя між лижею та снігом під час вільного ковзання?

Щоб не втрачати швидкість пересування на лижах під час вільного ковзання, лижнику необхідно сповільнено здійснювати рухи руками і переносною ногою уверх. Це знизить силу тиску на лижу і, відповідно, зменшить тертя між нею та снігом.

97. Які особливості виконання рухів у момент закінчення вільного ковзання під час лижної ходи?

Після того, як лижник завершив сповільнений виніс руки уверх, йому необхідно трохи зігнути її, далі зафіксувати суглоби руки і тулуба, а потім енергійним рухом поставити палку на сніг.

98. Опишіть фазу ковзання на лижах з випрямленням опорної ноги.

Для того, щоб збільшити швидкість лижі, що ковзається, лижнику необхідно збільшити нахилом тулуба тиск на палку. При цьому стопа опорної ноги дещо висувається вперед, що

запобігає втраті енергії на амортизацію та передчасному перекочуванню. Потім опорна нога випрямляється, щоб бути готовою до наступного підсідання на ній.

99. До чого призводить підсідання на опорній нозі під час ковзання лижі?

Підсідання лижника на опорній нозі слугує для найшвидшої зупинки лижі. Це досягається енергійним розгинанням опорної ноги у кульшовому суглобі.

100. У чому полягає сенс періоду стояння лижі під час поперемінного ходу на лижах?

Під час поперемінного ходу нерухоме стояння лижі, що досягається завдяки статичній силі тертя між нею та снігом, слугує опорою для подальшого відштовхування ногою та махових рухів рукою, ногою і тулубом.

101. Чи зупиняється рух тіла лижника вперед із зупинкою лижі під час поперемінного ходу?

Із зупинкою лижі під час поперемінного ходу тіло спортсмена продовжує прискорений рух вперед, тобто відбувається так зване перекочування.

102. Завдяки чому тіло лижника продовжує рух вперед, недивлячись на зупинку лижі під час поперемінного ходу?

Недивлячись на те, що під час поперемінного ходу відбувається зупинка лижі, тіло лижника продовжує прискорено рухатись вперед. Це досягається завдяки таким факторам:

- 1) початку розгинання стегна опорної ноги у кульшовому суглобі (активне перекочування);
- 2) випаду переносною ногою;
- 3) маху вільною рукою;
- 4) початку повороту таза вперед;
- 5) максимальному натискуванню на палку в найбільш нахиленому її положенні.

103. Яке явище зумовлюють відштовхування ногою та різкий рух тулуба уверх у період зупинки лижі під час поперемінного лижного ходу?

Відштовхування ногою та різкий рух тулуба лижника уверх, які відбуваються у період стояння лижі під час поперемінного ходу, забезпечують загальний напрямок відштовхування на так званий зліт. Це забезпечує зниження тертя між лижею та снігом у виконанні наступного ковзного кроку.

104. За рахунок чого компенсується зниження швидкості випаду переносною ногою під час поперемінного ходу на лижах?

Під час поперемінного лижного ходу зниження швидкості випаду переносною ногою через гальмування м'язів-антагоністів кульшового суглобу, що розтягуються, компенсується, на скільки це можливо, прискореним поворотом

таза вперед та енергійним завершенням відштовхування палкою (до моменту випрямлення руки і палки в одну лінію).

105. Які характерні особливості сучасної техніки поперемінного лижного ходу?

Сучасна техніка поперемінного лижного ходу характеризується наступними особливостями:

1) зменшенням тертя між лижею та снігом за рахунок завершеного відштовхування лижею («на зліт») та опорою на палку;

2) високим темпом кроків.

106. Як збільшення швидкості лижної ходи впливає на часові характеристики ковзного кроку?

Підвищення швидкості лижної ходи змінює часові характеристики ковзного кроку:

1) скорочується час відштовхування лижею;

2) тривалість підсідання та випрямлення поштовхової ноги зменшується.

107. Які особливості характеризують одночасні лижні ходи?

Головним елементом техніки одночасних лижних ходів є одночасне відштовхування лижними палицями. Під час таких лижних ходів лижник може пересуватися або тільки за рахунок відштовхування палицями, або ж за рахунок одного, двох, трьох

і більше ковзних кроків та одночасного відштовхування палицями.

108. Яка участь ніг у виконанні одночасного безкрокового лижного ходу?

Під час виконання одночасного безкрокового лижного ходу ноги лижника активну участь у відштовхуванні не беруть. Проте їх оптимальне положення створює сприятливі умови для передачі зусиль від рук через тулуб до лижі, що ковзається. При цьому важливо, щоб система руки-тулуб-ноги була жорсткою.

109. Визначте біомеханічні характеристики відштовхування палицями під час одночасних лижних ходів.

Відштовхування палицями під час одночасних лижних ходів починається з моменту їх постановки на сніг. Далі відбувається нахил тулуба лижника вперед, одночасно з цим руки згинаються у ліктьових суглобах. Коли згинання рук у ліктьових суглобах досягне приблизно 90 градусів, доцільно дещо нахилити гомілки назад (при цьому стопи трохи висуваються вперед). Таке положення ніг створює жорстку систему тіла і, тим самим, лижник має можливість підвищити натискування на палиці. Нахил тулуба вперед продовжується до горизонтального положення, руки розгинаються у ліктьових суглобах, кисті рухаються нижче колін. Максимальне натискування на палиці спостерігається в момент закінчення нахилу тулуба та вертикального положення рук. Поштовх

закінчується повним розгинанням рук у ліктьових суглобах і приведенням кистей у променевозап'ясткових (при цьому руки і палиці утворюють пряму лінію).

110. Чого не варто робити лижнику, щоб запобігти зниженню швидкості вільного ковзання під час будь-яких одночасних лижних ходів?

Зниження швидкості вільного ковзання під час будь-яких одночасних лижних ходів може бути зумовлене наступними факторами:

1) відкиданням рук з палицями назад-уверх після поштовху (підвищується тиск лижами на сніг унаслідок виникнення сил інерції верхніх кінцівок, що спрямовані вниз);

2) різким випрямленням тулуба в кінці та зразу після закінчення відштовхування палицями (підвищується тиск на сніг силами інерції частин тіла, а також зростає лобовий опір повітря);

3) подальшим різким нахилом тулуба після закінчення поштовху (викликає підвищення тиску на лижі, що призводить до збільшення тертя між ними та снігом);

4) згинанням ніг в колінних суглобах (погіршуються умови відштовхування);

5) різким випрямленням ніг у кінці та зразу після відштовхування (підвищується тиск на лижі);

6) нахилом гомілок вперед у першій частині відштовхування (знижується ефективність відштовхування).

111. Які варіанти одночасного однокрокового лижного ходу Вам відомі?

Використовуючи одночасний однокроковий хід лижник може скористатися двома його варіантами, тобто основним та швидкісним.

112. У чому полягає відмінність у рухових діях між основним та швидкісним одночасними однокроковими лижними ходами?

Основний варіант одночасного однокрокового лижного ходу характеризується тим, що після вільного ковзання рух починається з випрямлення тулуба та виносу палиць вперед ще до початку ковзного кроку під час ковзання на двох лижах. Після закінчення поштовху ногою зразу починається відштовхування палицями. При цьому відштовхування палицями здійснюються безперервно одне за одним, а палиці за час відштовхування ногою ставляться на сніг та приймають робоче положення під кутом вперед. На відміну від попереднього у швидкісному варіанті одночасного однокрокового ходу разом з кроком одночасно виносяться палиці вперед, а після закінчення поштовху ногою до початку відштовхування палицями спостерігається нетривала фаза одноопорного ковзання.

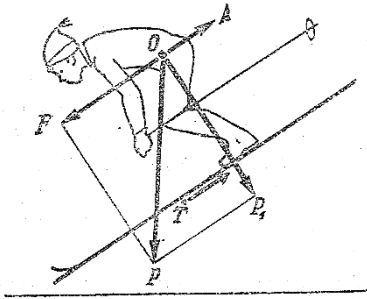
113. Що називають гірськолижною технікою?

Під гірськолижною технікою розуміють мистецтво володіння лижами під час спусків зі схилів різної крутизни і рельєфу.

114. Що є основою всіх елементів гірськолижної техніки?

В основі будь-яких елементів гірськолижної техніки лежить взаємодія внутрішніх і зовнішніх сил, які впливають на тіло лижника.

115. Які сили діють на систему лижник – лижі під час спуску з гірського схилу?



Під час спуску з гірського схилу на систему лижник – лижі діють наступні сили:

1) сила тяжіння (P) – є складовою всіх сил тяжіння ланок тіла і дорівнює їх сумі, тобто вазі лижника;

2) сила нормального тиску (P_1) – притискає лижника до схилу;

3) скочувальна сила (F) – здійснює роботу і діє завжди в одному напрямку (паралельно схилу) і викликає рух лижника вниз; вона прикладена до центру тяжіння тіла (O) і зростає зі збільшенням крутизни схилу;

4) сила тертя (T) – виникає внаслідок ковзання лижі по снігу і залежить від стану снігового покриву, матеріалу ковзної поверхні лиж, якості їх обробки;

5) сила опору повітря (A) – незначна під час невеликої швидкості спуску, але різко зростає (прямопропорційно квадрату швидкості – v^2) зі збільшенням швидкості.

116. Від яких зовнішніх сил залежить швидкість спуску лижника зі схилу?

У разі спуску лижника зі схилу його швидкість залежить від величини прискорюючої сили, яка дорівнює величині скочувальної сили мінус сила тертя та сила опору повітря.

117. В який момент спуску зі схилу лижник досягає своєї максимальної швидкості?

Якщо під час спуску зі схилу сила опору повітря буде дорівнювати прискорюючій силі, то в цей момент лижник досягне максимальної швидкості руху (за умови, що лижник зберігає свою стійку, а умови спуску залишаються незмінними).

118. Чому збільшення крутизни схилу призводить до зростання швидкості спуску?

Збільшення крутизни схилу призводить до зменшення тиску лиж на сніг і, отже, до зменшення сили тертя, унаслідок чого зростає і швидкість спуску.

119. Яка необхідна умова, щоб гірськолижник зміг зберегти рівновагу під час спуску зі схилу?

Однією із умов збереження гірськолижником рівноваги під час спуску зі схилу є необхідність врівноваженості всіх діючих на його тіло сил. При цьому важливо, щоб врівноважуюча сила, яка впливає на загальний центр тяжіння тіла, проходила через площу опори лижника.

120. Які рухи необхідно робити лижнику, коли він спускається зі схилу, щоб врівноважуюча сила завжди проходила через площу опори?

З метою збереження рівноваги під час спуску зі схилу гірськолижнику, щоб забезпечити проходження врівноважуючої сили через площу опори, необхідно за допомогою м'язових зусиль пересувати частини тіла або займати відповідні положення. Це досягається за рахунок прийняття більш широкої стійки, зниження висоти розташування загального центру тяжіння тіла або виконання компенсаторних рухів, таких як згинання і розгинання ніг, виведення тазу всередину повороту, відповідних рухів руками, переміщення загального центру тяжіння вперед або назад тощо.

121. Які дії необхідно виконати гірськолижнику, якщо під час спуску зі схилу на його шляху виникли бугор чи яма?

Під час спуску зі схилу при походженні бугра можливе падіння назад, а при подоланні ями – падіння вперед. Щоб запобігти падінню, у першому випадку гірськолижнику необхідно прийняти більш низьку або передню стійку, а в другому – навпаки – високу або задню.

122. За яких умов у гірськолижному спорті спортсмени використовують розніжку?

Застосування гірськолижниками розніжки під час спусків зі схилів можливе, але в обмежених випадках. Це пов'язано з

тим, що значна розніжка погіршує стійкість лижника в боковій площині. Разом з тим, при проходженні ям, западин, глибокого снігу на трасі спуску гірськолижник виконує розніжку більше від середньої, але при виконанні на шляху бугрів, льодянистого покриття, а також під час великої швидкості руху спортсмен не застосовує розніжку взагалі або вона мінімальна.

123. Які умови спуску зі схилів сприяють тому, що гірськолижник змушений здійснювати широку постановку лиж?

Якщо лижнику необхідно розвинути велику швидкість спуску зі схилів, а також при виникненні на трасі жорсткого, льодянистого покриття він застосовує широку постановку лиж.

124. Який рух необхідно здійснити гірськолижнику, коли під час спуску зі схилу він виконує поворот?

Під час виконання поворотів у спуску з гірського схилу виникає відцентрова сила, що спрямована в протилежний бік від центру повороту. З метою запобігання втрати рівноваги, а потім і падіння під час проходження повороту гірськолижнику необхідно перенести центр тяжіння тіла, тобто збільшити нахил тулуба усередину повороту. Якщо швидкість спуску зростає або зменшується радіус повороту, то нахил тіла усередину потрібно збільшувати. Збільшення нахилу усередину повороту не тільки забезпечує стійкість гірськолижника, але й полегшує постановку

лижі на внутрішнє ребро, яка необхідна для руху по віражу, а також після виходу з нього на пряму ділянку траси спуску.

125. На які фази поділяють рух по віражу?

Виконання поворотів під час спуску з гірських схилів зумовлює декілька фаз руху:

1) розгін – прямолінійний рух з метою набуття необхідної швидкості;

2) вхід в поворот – виконання дій, які забезпечують початок руху по віражу;

3) рух по віражу – безпосередня зміна напрямку руху;

4) вихід з повороту – дії, які забезпечують перехід до руху по прямій в необхідному напрямку після закінчення повороту.

126. У чому полягає особливість виконання повороту способом переступання у гірськолижному спорті?

Під час виконання повороту способом переступання у спуску з гірського схилу лижник здійснює по черзі перестановку лиж у повітрі над снігом у потрібному напрямку. Для цього він переносить вагу тіла на лижу, що при повороті буде зовнішньою і трохи присідає. Дещо висуваючи внутрішню лижу вперед і відводячи її носок у бік повороту, лижник рвучко переносить на неї вагу тіла. Ногою зовнішньої лижі (відносно напрямку повороту) він енергійно відштовхується, після чого переносить її в повітрі і приставляє до другої лижі. Надалі рухи повторюються.

127. Поясніть особливості керованих поворотів під час спуску з гірських схилів.

Особливістю керованих поворотів під час спуску з гірськолижних трас є те, що лижник ставить одну або дві лижі під кутом до напрямку руху і утримує їх в цьому положенні до кінця повороту. Обов'язковою умовою таких поворотів є завантаження зовнішньої лижі і постановка її на внутрішнє ребро. Внутрішня лижа залишається на снігу всією своєю площиною. У цьому випадку зовнішня лижа відчуває більший опір і вся система лижник-лижі рухається по дугоподібній траєкторії в протилежний бік. Прикладами керованих поворотів є поворот «упором», «плугом» і махові повороти. Відмінності у рухах між ними полягають в тому, що у першому варіанті лижник ставить одну лижу під кутом до напрямку руху, а в іншому – дві (носки лиж при цьому зведені разом, а задники розведені в сторони). Махові ж повороти засновані на постановці двох паралельних лиж під кутом до напрямку руху.

128. Чому під час виконання махових поворотів гірськолижник починає рухатись по дузі?

Під час махових поворотів, коли лижі рухаються паралельно, скочувальна сила, що прикладена до центру тяжіння тіла лижника в системі лижник – лижі, передається на лижі через кріплення. Сила опору снігу завжди дещо зміщена до носків лиж. Якщо ці сили взаємодіють вздовж вісі руху лиж, то

спуск буде прямолінійним. Але якщо лижі поставити під кутом до напрямку руху і на внутрішні (відносно повороту) ребра, то утворюється обертальний момент, який викликає поворот лиж, рух їх по дузі. Крутизна повороту залежить від зміщення лиж відносно початкового їх напрямку руху і кута постановки на ребра.

129. Який технічний елемент в гірськолижному спорті отримав назву «розвантаження»?

Виконання повороту на паралельних лижах, а також подолання нерівностей схилу під час швидкісного спуску інколи зумовлює застосування технічного елементу, який отримав назву «розвантаження». В його основі лежить зменшення тиску лиж на сніг. Під час його виконання з'являється можливість поставити лижі під кутом до напрямку руху (при цьому зменшується боковий опір снігу) і виконати поворот або зменшити силу удару під час подолання нерівностей.

130. Які способи технічного елементу «розвантаження», що використовується під час швидкісного спуску з гірськолижної траси, Вам відомі?

Знизити тиск лиж на сніг під час виконання технічного елементу «розвантаження» у швидкісному спуску з гірськолижної траси можна декількома способами:

1) згинанням ніг (присіданням) – розвантаження спостерігається з початком присідання;

2) розгинанням ніг з раптовою зупинкою – зупинка розгинання, що тільки почалося, викликає зниження тиску лиж на сніг;

3) розгинанням – згинанням ніг – тиск на сніг зменшується в кінці розгинання і продовжується під час згинання;

4) підскоком з підтягуванням ніг – в безопорному положенні тиск на сніг відсутній;

5) кидком (перекатом) – з кидком тіла вперед при підтягуванні п'яток виникає зменшення тиску на сніг;

б) комбінованим способом (згинання – розгинання – згинання ніг) – тиск на сніг зменшується більш тривалий час.

131. Яка сила є джерелом тиску на педаль велосипеда під час їзди на ньому?

Під час їзди на велосипеді м'язова сила ніг людини, що чинить тиск на педаль, є джерелом рушійної сили.

132. Опишіть біодинаміку пересування на велосипеді.

Пересування на велосипеді зумовлене тиском на педаль. Сила тиску створює момент сили відносно вісі провідної шестерні. Далі ця сила через ланцюг передається на привідну шестерню заднього колеса. У результаті колесо починає обертатися навколо своєї вісі. Завдячуючи тому, що покришка колеса зчеплюється з ґрунтом, виникає сила тертя, яка спрямована вперед. Вона врівноважує дію обруча колеса на покришку, яка спрямована назад. Тому колесо не проковзується,

що забезпечує можливість вісі колеса, а значить і всій системі велосипедист – велосипед, рухатись уперед. Точка, відносно якої вісь рухається, – місце опори колеса на ґрунт.

133. Який рух спортсмена є найбільш характерним в академічному веслуванні?

Особливо характерним в академічному веслуванні є значне переміщення веслувальника відносно човна завдяки рухомому сидінню (так званої банки), яке пересувається поздовжно у спеціальних полозках на роликах. Крім того, виносні кочети збільшують плече важеля (відстань від вісі обертання весла до місця хвату рукою). Таким чином, весляр докладає зусилля руками до руків'я весла і ногами до підніжки, що закріплена нерухомо.

134. У чому полягає особливість проводки весла в академічному веслуванні?

Занурена у воду лопать весла зустрічає опір води. Це дає можливість весляру спочатку підтягнути човен веслом, а потім відштовхувати його від води, що зумовлює просування його вперед. За час проводки веслувальник пересувається на банці вперед до носу човна. Початок гребка виконується одночасно з швидким і рівномірним натискуванням двох ніг на підніжку у вигляді «стрибка» у бік носу човна. Цей «стрибок» ніби гальмується на руків'ї весла, що збільшує силу, прикладену через весло до води.

135. Чому в академічному веслуванні після закінчення гребка човен не тільки продовжує рухатись вперед, а при цьому не втрачає й швидкості руху?

У веслуванні після закінчення гребка слідує фаза заносу весел. Цей рух є підготовчим для наступного гребка і здійснюється за допомогою переміщення веслувальника на банці від носа човна до його корми. Весла у цей час заносяться лопастями до носу. Однак у цій фазі зусилля гребка, прикладені до човна, спрямовані в бік руху човна. Підтягуючи себе до підніжки за носкові привідні паси, веслувальник цим виштовхує з-під себе човен вперед. Загальний центр мас системи веслувальник – весла – човен від переміщення назад свою швидкість змінити не може (якщо при цьому не враховувати збільшення опору води залежно від швидкості човна). Але човен відносно веслувальника і води отримує прискорення вперед. Наявність прискорення компенсує падіння швидкості човна, що рухається за інерцією.

136. У чому полягає сутність плавання людини?

Плавання людини засноване на взаємодії плавця з водою. При цьому виникають сили, що просувають людину у воді і утримують її на поверхні.

137. Що є специфічною особливістю біодинаміки плавання?

Особливість плавання людини полягає в тому, що сили, які діють на її тіло, гальмують просування. Вони значні за величиною, крім того – перемінні і діють безперервно. Людина

при цьому не має постійної опори для відштовхування вперед. Опора утворюється під час гребкових рухів. Її величина також є перемінною.

138. Які види плавання Вам відомі?

Розрізняють статичне і динамічне плавання.

139. З якими силами пов'язують статичне плавання?

Закономірності статичного плавання зумовлені у першу чергу силами гідростатичного тиску. Ці сили тиску діють на будь-яку поверхню тіла, зануреного у воду. Сили тиску води завжди спрямовані перпендикулярно до поверхні тіла і зростають з глибиною занурення.

140. За яких умов виникає виштовхувальна сила води?

Коли тіло повністю або частково занурене у воду, на його верхню і нижню частини діють різні за величиною сили статичного тиску води, що зумовлює виникнення виштовхувальної сили. Ця сила дорівнює вазі рідини в об'ємі зануреної частини тіла, спрямована вертикально вгору і прикладена до центру тяжіння цього об'єму.

141. Що називають «центром тиску»?

Центром тиску називають центр тяжіння об'єму води, який витіснений зануреною частиною тіла.

142. Крім виштовхувальної, яка ще сила діє на тіло плавця?

Коли тіло людини знаходиться у воді в нерухомому положенні, крім виштовхувальної сили, діє ще тільки сила тяжіння самого тіла.

143. Охарактеризуйте силу тяжіння тіла, зануреного у воду.

Сила тяжіння зануреного у воду тіла має постійну величину, спрямована вертикально вниз і прикладена до загального центру тяжіння тіла плавця.

144. Чому у разі нерухомого положення тіла у воді ноги плавця опускаються вниз?

Зазвичай загальний центр тяжіння тіла плавця розташовується ближче до нижніх кінцівок порівняно із центром тиску тіла. Оскільки сила тяжіння тіла і виштовхувальна сила води прикладені до різних точок тіла і спрямовані в протилежний бік, то виникає оберտальна дія сил. Це спонукає порушення гідростатичної рівноваги тіла плавця, що і призводить до опускання ніг вниз.

145. Які явища впливають на умови гідростатичної рівноваги тіла плавця?

На умови гідростатичної рівноваги впливають поза плавця (зі зміною пози змінюється розташування загального центру тяжіння тіла) та дихальні рухи, які змінюють об'єм тіла.

146. Що зумовлює позитивну плавучість тіла?

Тіло плавця буде знаходитись на поверхні води, коли виштовхувальна сила більше сили тяжіння тіла.

147. За яких умов тіло плавця буде опускатися вниз?

Якщо сила тяжіння тіла плавця буде більшою порівняно із виштовхувальною силою, то плавучість тіла негативна. Як наслідок цього – тіло буде опускатися на дно.

148. Який фактор сприяє плаванню тіла всередині рідини?

У разі рівності сили тяжіння тіла і ваги витісненого об'єму води, то дане тіло буде знаходитись всередині рідини, тобто не опускатися на дно і не вспливати на поверхню.

149. Які чинники впливають на плавучість тіла людини?

Плавучість людини залежить від декількох чинників. Серед них питома вага тіла людини, питома вага води та об'єм вдиху. Величина питомої ваги тіла пов'язана із індивідуальними анатомічними та гістологічними особливостями людини. Значна питома вага тіла багато у чому зумовлена масивним скелетом, чималою величиною м'язової маси та малою товщиною жирового прошарку. Звідси, чим менша питома вага тіла людини, тим краще її плавучість. Підвищує плавучість тіла і зростаюча щільність води, наприклад, морської. Крім того, плавучість залежить і від об'єму повітря, що надходить у легені під час вдиху. Під час глибокого вдиху плавці, як правило, володіють позитивною плавучістю, а під час повного видиху, навпаки – негативною.

150. Хто володіє кращою плавучістю – чоловіки чи жінки? Чому?

Оскільки представниці жіночої статі характеризуються меншою питомою вагою тіла, вони володіють кращою плавучістю, порівняно із чоловіками.

151. Від чого залежить динамічна взаємодія тіла плавця із водою?

Така взаємодія залежить від швидкості руху тіла плавця відносно води.

152. Чим зумовлена динамічна взаємодія тіла плавця із водою?

Динамічна взаємодія між тілом плавця і водою залежить від сил внутрішнього тертя і тиску. Зокрема, сили тертя спрямовані за дотичною до поверхні тіла, а сили тиску – перпендикулярно до неї. Загалом вони визначають величину і напрямок результуючої сили реакції води. При цьому частка сил динамічного тиску води у результуючій величині сили реакції води набагато більше частки сил тертя.

153. Охарактеризуйте особливості динамічного тиску води, коли плавець перебуває у русі.

Коли плавець рухається у воді, виникають зони підвищеного і зниженого тиску. Зона підвищеного тиску утворюється біля тієї частини тіла, яка зустрічає потік води, а зона зниженого тиску – позаду тіла плавця. В останній зоні спостерігається хаотичний водоворот.

154. Що розуміють під силою гідродинамічного опору?

Силу реакції води, що гальмує рух тіла вперед, називають силою гідродинамічного опору.

155. Яку силу під час плавання називають силою реакції опору?

Сила реакції води, що виникає на робочих площинах рук і ніг плавця під час виконання гребка і при цьому просуває тіло вперед, називається силою реакції опору.

156. Яка складова сили гідродинамічного опору найбільше гальмує просування тіла плавця вперед?

Головною силою, що чинить найбільший опір просуванню тіла плавця вперед, є лобовий опір.

157. Охарактеризуйте силу лобового опору, коли плавець пересувається у воді.

Коли плавець просувається вперед, протилежно напрямку його руху діє сила лобового опору. Величина цієї сили залежить від форми, обтічності тіла, положення тіла відносно потоку води та інших факторів. За наявності інших рівних умов величина лобового опору (R_x) пропорційна площі поперечного перетину тіла (S) та квадрату швидкості руху тіла відносно води (v):

$$R_x = S \cdot v^2$$

Під час ковзання у витягнутому горизонтальному положенні площа поперечного перетину тіла плавця буде мінімальною. У разі пересування тим або іншим способом плавання в окремі моменти циклу рухів дана площа може суттєво зростати, що, відповідно, призводить до збільшення сили лобового опору.

158. Яке положення тіла плавця у воді зменшує гідродинамічний опір?

Тіло людини за своєю формою не є достатньо обтічним. Звідси під час просування у воді ламінарна течія майже одразу перетворюється на завихрення. Найбільш обтічним є таке положення тіла, коли воно випрямлене і займає майже горизонтальне положення. При цьому руки витягнуті вперед, голова знаходиться між ними, пальці на кистях з'єднані, ноги також випрямлені і зімкнуті разом, стопи відтягнуті. Таке положення плавець приймає під час ковзання після старту і повороту.

159. Яке положення тіла плавця може призвести до збільшення завихрення води під час виконання плавальних рухів?

Під час виконання плавальних рухів обтічність тіла плавця погіршується. Особливо значний хаотичний водоворот спостерігається, коли плавець надмірно згинає ноги у кульшових суглобах під час плавання кролем і батерфляєм, утримує стегна внизу під час підтягування ніг при плаванні брасом, опускає таз глибоко у воду (так зване «сидяче положення») під час плавання на спині.

160. Що називають кутом атаки під час плавання людини?

Кут, що виникає між поздовжньою віссю тіла плавця і напрямком руху називають кутом атаки.

161. Охарактеризуйте вплив величини кута атаки на швидкість руху плавця.

Зі збільшенням кута атаки зростає лобовий опір під час просування вперед тіла плавця. Кути атаки тіла, що перевищують 10-15°, сприяють зростанню площі поперечного перетину тіла, а також збільшенню завихрення води за спиною і тазом. Такі явища значно знижують швидкість плавання.

162. Що називають хвильовим опором?

Опір хвиль руху плавця називається хвильовим опором.

163. Чому хвильовий опір сприймають як гальмівну силу?

Під час руху плавця по поверхні спостерігається перерозподіл сил тиску води на тіло. Так, передня частина тіла розсуває воду, що викликає появу хвиль, які розходяться. При цьому за спиною плавця утворюються поперечні хвилі. Щоб подолати силу тяжіння та тиск води, яка зсувається, плавець витрачає частину своєї енергії. Чим менше величина вертикальних коливань тіла плавця, чим менше він зсуває воду своєю передньою частиною тіла, тим менше величина хвильового опору і, відповідно, вища швидкість руху.

164. Які фактори виникнення опору тертя, коли плавець пересувається у воді?

Під час плавання опір тертя виникає внаслідок щільності води, тобто внутрішнього тертя частинок і прошарків води, що

дотикаються до рухомого тіла плавця. При цьому тіло плавця, просуваючись, утягує їх у рух. Таким чином, опір тертя також є гальмівною силою щодо тіла плавця.

165. Які є шляхи зменшення опору тертя під час плавання?

На жаль, практичні шляхи зменшення опору тертя доволі обмежені. В основному вони пов'язані із відповідністю плавального костюму формі тіла людини. Також потрібно додати, що плавальний костюм повинен виготовлятися із тонкої тканини, яка мало намокає.

166. Які рухи просувають тіло плавця вперед?

Рушійна сила, яка просуває тіло вперед, виникає внаслідок гребкових рухів руками, ногами, тулубом.

167. Які складові утворюють рушій, що забезпечує просування людини у воді?

Сукупність частин тіла, що механічно взаємодіють з водою під час гребкових рухів, становлять рушій. Головними його елементами є кисть і стопа плавця.

168. Чому кисть і стопу вважають головними елементами рушія, завдяки якому відбувається пересування плавця?

Порівняно з іншими частинами тіла шлях і швидкість руху кисті та стопи під час гребка найбільші. Плоска форма кисті до того ж забезпечує їй достатню опору на воду. Людині

анатомічно за рахунок рухливості у відповідних суглобах і стопі і кисті легко надати положення, яке буде оптимальним для здійснення гребка.

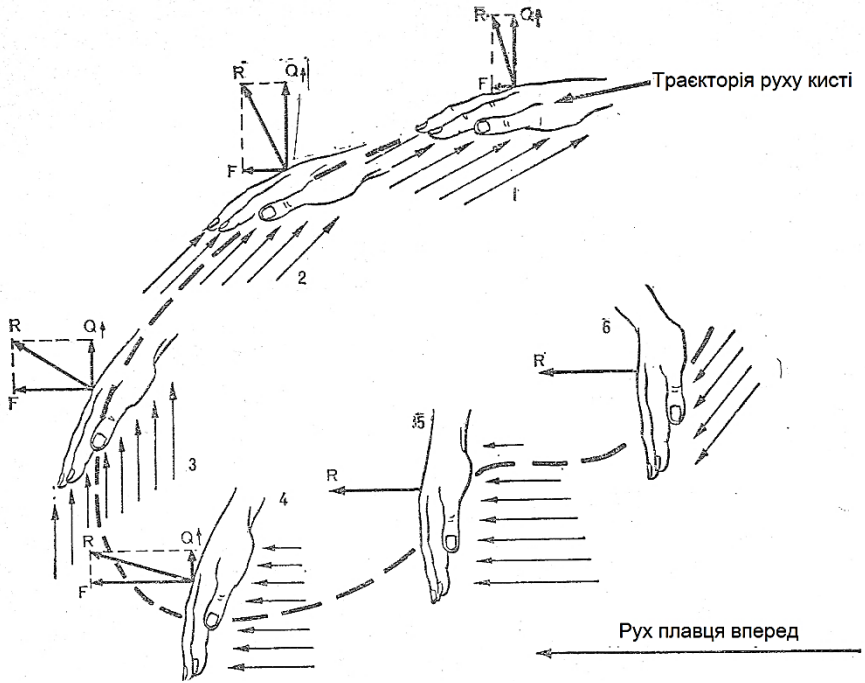
169. Опишіть взаємодію кисті плавця з водою.

Під час гребка кисть плавця працює неначе лопать весла. Траєкторія її руху набуває криволінійної форми. Початкові та кінцеві фази гребка характеризуються найбільш вираженою кривизною траєкторії. Однак у цілому остання має плавний характер. Плавець повинен надати таку форму, напрямок і амплітуду траєкторії, щоб вона забезпечила тривалий контакт кисті з водою, прояв м'язових зусиль у найбільш вигідні моменти руху, взаємодію із порівняно більшою масою води, а в кінцевій меті – достатню величину опорної реакції, спрямування якої в основній частині гребка наближалася б до напрямку просування тіла вперед.

170. На які складові розкладається сила реакції води під час гребкових рухів?

Коли під час гребка кисть занурюється у воду, на її робочій поверхні виникає сила реакції води. Графічно останню можна розкласти на складові за двома напрямками: паралельно руху тіла плавця вперед і перпендикулярно до нього. При цьому горизонтальна складова (F) сили реакції води (R), що має таке саме спрямування як і швидкість руху тіла плавця, називається силою тяги. У свою чергу, інша складова (Q), спрямована

перпендикулярно до напрямку швидкості руху плавця і діє угору, називається підйомною силою.



171. Охарактеризуйте рух кисті під час гребка щодо створення оптимальної сили тяги.

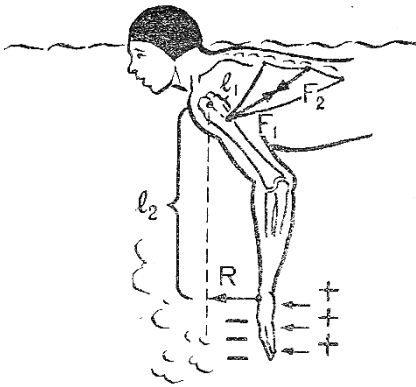
Найбільш доцільне для створення сили тяги таке положення кисті, коли площина зануреної у воду кисті перпендикулярна до напрямку просування плавця. У початковій фазі гребка кисть виконує функцію площини – носія, тобто, вона, використовуючи підйомні сили, підтримує відносно високе, добре обтічне і врівноважене положення тіла плавця. Часто під час занурення руки у воду і у фазі захоплення води

кисть розвертають долонею дещо назовні. У цьому випадку кисть взаємодіє з водою і як направляюча площина: допомагає утримувати тіло на поздовжній вісі і спрямовувати його за оптимальною траєкторією вперед.

172. Що слугує джерелом рушійних сил під час плавання?

Сила реакції води є зовнішньою силою відносно тіла плавця і сама по собі не може викликати його рух. Звідси джерелом рушійних сил слугують внутрішні сили активного м'язового скорочення.

173. На прикладі скорочення найширшого м'яза спини опишіть виникнення рушійної сили під час гребка рукою.



Найширший м'яз спини володіє можливістю розгинати плече і здійснювати його приведення. Крім того, при фіксації рук підтягує до них тулуб. Уразі, коли в цьому м'язі виникає сила м'язової тяги, то її умовно можна розкласти на дві сили (F_1 та F_2), спрямованих назустріч одна одній. Одна з них буде забезпечувати робочий рух руки у воді. На робочій площині руки буде виникати сила опорної реакції (R), що врівноважить частину сил тяги м'язів. Лише за цієї умови інша частина внутрішніх сил м'язового скорочення викличе прискорення руху

тулуба, наближаючи його до руки, що опирається на воду. Механізм гребкових рухів верхніх і нижніх кінцівок забезпечується функціонуванням системи кісткових важелів. Під час гребкових рухів ця система може скорочуватись або подовжуватись, наприклад, згинання і розгинання руки у ліктьовому суглобі. Якщо прийняти верхню кінцівку плавця як одноплечий важіль, віссю якого є плечовий суглоб, то до верхнього кінця важеля прикладена сила м'язової тяги (F), а до нижнього – сила опорної реакції (R). При цьому плечем сили (F) буде найкоротша відстань від вісі важеля до лінії дії сили м'язів (L_1), а плечем сили (R) – найменша відстань від вісі важеля до лінії дії цієї сили (L_2). З'ясовано, що відношення L_2 до L_1 дорівнює приблизно 12. Сила тяги найширшого м'яза спини, що прикладена до короткого плеча важеля, викличе зміщення іншого плеча, за величиною більше у стільки разів, у скільки друге плече довше першого. Фактично буде спостерігатись виграш у шляху і відповідно у швидкості. При цьому, щоб урівноважити силу тяги м'язів, що діє на коротке плече важеля, на довгому плечі важеля, тобто на кисті, достатньо мати силу опорної реакції меншу приблизно у 12 разів. Таким чином, верхня кінцівка людини як важіль досить добре пристосована до швидких рухів у воді з оптимальними зусиллями. Згинаючи і розгинаючи руку в ліктьовому суглобі, плавець досягає оптимального співвідношення сил м'язового скорочення і сил опорної реакції. Ступінь згинання у цьому суглобі залежить від

варіанту техніки та морфофункціональних особливостей плавця. Під час основної частини гребка ступінь згинання руки в ліктьовому суглобі повинна становити 90-120 градусів. Потрібно зауважити, що більша величина згинання руки під час гребка спортсмену недоцільна.

174. Крім верхніх кінцівок, рухи якими частинами тіла створюють сили, що просувають плавця вперед?

Під час плавання рухи нижніх кінцівок також сприяють виникненню рушійних сил. Зокрема, під час плавання способами кроль на грудях, на спині, дельфін сила тяги виникає при хвилеподібних, що мають характер захльосту, рухах ланцюга ланок тіла «стегно – гомілка – стопа».

175. Які кути атаки характерні для техніки плавання кваліфікованих спортсменів і для початківців?

Для техніки плавання кваліфікованих плавців властиві мінімальні величини кута атаки тіла (3-5 градусів). У той час для техніки плавання спортсменів-початківців характерні дещо більші величини кута атаки в діапазоні 8-10 градусів. Це дозволяє надати тілу ковзаючого положення, що полегшує виконання підготовчих рухів верхніми кінцівками і дихання.

176. Як положення голови впливає на загальне положення тіла плавця?

Положення голови суттєво впливає на загальне положення тіла плавця. Протягом більшої частини повного циклу рухів голова знаходиться майже на поздовжній вісі тіла, м'язи шиї при

цьому розслаблені, погляд плавця спрямований вперед-вниз під час плавання на грудях або уверх-назад під час плавання на спині. В усіх способах, за виключенням плавання на спині, голова бере участь у допоміжних рухах в ритмі рухів руками і дихання.

177. Яким чином положення стегон забезпечують загальне положення тіла плавця?

Протягом більшої частини повного циклу рухів стегна плавця повинні займати положення біля поверхні води. Для цього, наприклад, під час плавання кролем, стегна виконують рухи з незначним розмахом, активним рухом уверх під час удару стопою вниз. Під час плавання брасом стегна в кінці відштовхування ногами назад також виходять до поверхні води і зберігають добре обтічне положення протягом гребка руками. Грубою помилкою під час плавання кролем на грудях і дельфіном є «зависання» стегон, тобто надмірно глибоке опускання їх донизу і рух нижніми кінцівками не від тазу, а від колін.

178. Як м'язові групи тулуба забезпечують руховий механізм плавця?

Тулуб плавця повинен мати досить жорстку конструкцію, щоб рушійні сили, які виникають в результаті гребків руками і ногами, спрямовувались без втрат вздовж лінії просування плавця вперед. Така конструкція досягається за рахунок оптимального ступеню напруження м'язів живота і попереку.

Інші м'язи тулуба, зокрема спини, повинні бути по можливості розслаблені. Таким чином, м'язи спини, з одного боку, забезпечують обтічне і врівноважене положення тіла, а з іншого – беруть активну участь у всіх робочих рухах верхніх і нижніх кінцівок.

179. У чому полягають відмінності використання під час гребкових рухів тулуба плавцями-початківцями і висококваліфікованими спортсменами?

Якщо техніка плавання початківців зумовлена стабільним дещо фіксованим положенням тулуба, то в техніці плавання висококваліфікованих спортсменів тулуб повинен активно залучатись до гребкових рухів. Під час плавання кролем на грудях і на спині він ритмічно повертається ліворуч і праворуч відносно поздовжньої вісі тіла (у середньому на 30-35 градусів у кожний бік). Такі рухи посилюють гребок руками, допомагають виконати його за оптимальною траєкторією, витягнути руку із води з мінімальним опором і пронести її над водою. Крім того, під час плавання кролем на грудях поворот тулуба дає можливість виконати вдих з мінімальною напругою м'язів шиї і зберегти в цей час положення голови майже на поздовжній вісі тіла. Ступінь повертань тулуба залежить від декількох чинників: варіанту техніки, індивідуальних особливостей спортсмена і темпу плавання. Зокрема, зі збільшенням темпу рухів руками ступінь повертань зменшується.

180. Які особливості залучення у роботу тулуба під час плавання брасом і дельфіном?

Під час плавання брасом і дельфіном верхня частина тулуба спортсмена також виконує активні рухи, але вже уверх і вниз за пологою хвилеподібною траєкторією. Ці допоміжні рухи тулубом так само спрямовані на підвищення ефективності рухів рук, ніг і вдиху.

181. Опишіть рух кисті після завершення гребка.

Після завершення гребка кисть плавця повинна набути такого положення, що забезпечує мінімальний опір води під час підготовчої фази рухів. Під час плавання кролем на грудях, дельфіном і на спині кисть наприкінці гребка повертають долонею усередину, тобто до стегна. У перших двох способах плавання вона залишає воду мізинцем, а в останньому – великим пальцем догори.

182. Охарактеризуйте так зване високе положення ліктя у першій половині гребка.

У всіх способах плавання перша половина гребка повинна виконуватись з високим положенням ліктя. Це досягається: 1) випереджаючим рухом кисті відносно ліктя; 2) розвертанням ліктя в бік (помилкою буде, якщо розвертати назад або вниз); 3) незначним обертанням плеча і передпліччя усередину; 4) набуттям оптимального ступеню жорсткості руки у ліктьовому суглобі. Техніка гребка з високим положенням ліктя

дозволяє опиратися кисті і передпліччю на воду під ефективним кутом, без втрат передавати сили опорної реакції на плече і тулуб.

183. Які узагальнені фази циклу виділяють у цілісній системі рухів плавця?

Узагальнені фази циклу включають рухи усіх кінематичних ланцюгів тіла. Серед них виділяють: попередню, головну та заключну фази. Потрібно зауважити, що вони відбуваються злитно, зумовлюючи одна одну і безперервно повторюючись у рухах плавця.

184. Дайте характеристику попередній фазі циклу рухів плавця.

Під час попередньої фази плавець за рахунок робочих рухів верхніми і нижніми кінцівками надає необхідне прискорення власному тілу (при цьому необхідно зберігати обтічне положення тіла). Початок гребка руками в цій фазі завжди виконується з високим положенням ліктя і в основному за рахунок скорочення м'язів, що згинають передпліччя і кисть та обертають руку всередину.

185. Доведіть важливість головної фази циклу рухів плавця.

Основне завдання головної фази циклу рухів плавця полягає у набутті найбільшої кількості рухів, досягненні високої внутрішньоциклової швидкості. Початком цієї фази є момент суттєвого прискорення основного робочого руху верхніми

кінцівками, тобто приведення і розгинання плеча, а закінченням – момент суттєвого зменшення швидкості цього руху. Плавець у цей час виконує найбільш потужну частину гребка, опираючись на воду кистю і передпліччям. Усі допоміжні рухи і дихання знаходяться у суворій залежності від ритму робочих рухів рук. Ця фаза виконується на затримці дихання або видиху. На початок виконання головної фази робочі площини рук повинні прийняти оптимальне для опори на воду положення. Наприклад, площина передпліччя повинна бути нахилена до поверхні води під кутом не менше 45 градусів, площина кисті – 50-60 градусів. При цьому верхня кінцівка повинна бути зігнута в ліктьовому суглобі приблизно на половину її максимального робочого кута і володіти достатньою жорсткістю.

186. Які завдання пов'язуються із заключною фазою циклу рухів плавця?

Завданням заключної фази циклу рухів є утримання високої швидкості просування тіла вперед і порівняно високе положення тулуба, з мінімальним опором спрямувати руку або руки та плечовий пояс за горизонтальною траєкторією вперед на захват води для чергового гребка; розтягнути під час цього руху м'язи спини і грудей, щоб використати енергію м'язового розтягнення в наступній, попередній, фазі циклу. Заключну фазу циклу плавець виконує за рахунок завершального гребкового руху кистю і передпліччям однієї руки, коли відбувається плавання кролем на грудях і на спині, або двох рук у плаванні

дельфіном і частини робочого руху ногами під час плавання усіма способами, крім способу брас. Наприкінці заключної фази повного циклу тіло плавця повинно вийти у найбільш обтічне положення. Це дозволить у наступній фазі циклу знову надати тілу позитивного прискорення з оптимальною витратою сил.

187. Чи змінюється кривизна траєкторій точок твердого тіла під час обертання навколо своєї осі?

Оскільки під час обертання тверде тіло не змінює своєї форми, то радіус кривизни траєкторій будь-яких його точок також не змінюється, тому кривизна траєкторій залишається постійною.

188. Чи змінюється кривизна траєкторій точок системи тіл під час обертання навколо своєї осі?

У разі, якщо система тіл не змінює своєї конфігурації (форми), то радіус кривизни траєкторій будь-яких її точок також не змінюється, а отже кривизна траєкторій залишається постійною. Але, якщо система тіл деформується, тобто змінюються відстані між будь-якими точками системи, що призводить до змін радіусів траєкторій точок, то до обертального руху додається радіальний.

189. Завдяки чому відбувається рух ланки тіла навколо вісі?

Рух ланки тіла навколо вісі відбувається завдяки доцентрового прискорення. Це прискорення викликається іншим тілом, що діє на ланку.

190. Чому тіло, що діє на ланку тіла, викликає в ній доцентрове прискорення?

Доцентрове прискорення ланки тіла пов'язане з тим, що інше тіло, яке впливає на ланку, має такий самий напрямок дії сили.

191. Яке тіло називається утримуючим?

У біокінематичному ланцюгу під час обертальних рухів дистальні ланки отримують доцентрове прискорення завдяки доцентровій силі. Джерелом цієї сили є інше тіло. Воно утримує точки тіла, що обертається (дистальні ланки), на дугах власних траєкторій обертання. Крім того, це тіло обмежує рух ланок, не дозволяє продовжуватись інерційному руху за дотичною до дуги кола, примушує описувати криволінійні траєкторії. Тому таке тіло називається утримуючим.

192. Яке тіло під час руху ланки у суглобі слугує утримуючим стосовно неї?

Утримуючим тілом під час руху ланки у суглобі є з'єднана з нею сусідня ланка.

193. Доведіть вплив доцентрової сили на ланку тіла, що обертається.

Доцентровою силою слугує реакція зв'язку з боку сусідньої ланки на тягу м'язів та суглобово-зв'язковий апарат. Ця сила прикладена через з'єднувальний апарат до ланки, що обертається, і примушує її утримуватись на криволінійних траєкторіях її точок. Вісь обертання ланки, що пов'язана з

утримуючим тілом, тобто сусідньою ланкою, є закріпленою віссю.

194. Який вплив на утримуюче тіло має ланка, що обертається?

Ланка тіла, що обертається, слугує джерелом відцентрової сили. Остання протидіє реакції утримання у вигляді доцентрової сили. Відцентрова сила спрямована протилежно доцентровій, рівна їй за величиною і прикладена до утримуючої ланки. У даному випадку відцентрова сила виступає як реальна сила інерції, тобто ланка, що обертається, діє на сусідню ланку (утримуюче тіло), яка прискорює першу. При цьому сусідня ланка вважається нерухомою. У випадку, коли систему відліку пов'язують із ланкою, що обертається, то інерціальна система перетворюється на неінерціальну, тобто таку, що рухається з прискоренням. Тоді сила інерції ланки, що обертається, перетворюється на фіктивну.

Фіктивна сила інерції має таку саму величину і напрямок дії, як і реальна сила інерції, проте прикладена вона до центру інерції ланки, що обертається. Потрібно відзначити, що ту або іншу систему відліку обирають відповідно до вирішення поставлених завдань, хоча обидва цих способи є рівнозначними.

195. Від чого залежить величина доцентрового прискорення?

Величина доцентрового прискорення ланки тіла залежить від швидкості та відстані до вісі обертання. Зі збільшенням

швидкості обертання та кривизни траєкторії доцентрове прискорення зростає: $a_{\text{доц}} = \frac{v^2}{r}$, де $a_{\text{доц}}$ – доцентрове прискорення; v – швидкість обертання; r – радіус кривизни.

196. Чи може змінити доцентрова сила величину швидкостей точок ланки тіла?

Величину швидкостей точок ланки тіла доцентрова сила змінити не може, тому що вона діє перпендикулярно до напрямку лінійних швидкостей цих точок. Доцентрова сила може змінити тільки напрямок швидкості, тобто впливає на кривизну траєкторії.

197. За яких умов відбувається зміна величин швидкостей точок ланки тіла?

Під час обертання ланки тіла зміна величин швидкостей її точок відбувається за умови наявності позитивного або від'ємного дотичного (тангенціального) прискорення. Його джерелом слугує сила, що перпендикулярна до радіусу кривизни, тобто паралельна дотичній до траєкторії в даній точці.

198. Унаслідок дії якої сили змінюється кутова швидкість обертального руху ланки тіла?

Зміна обертального руху ланки тіла у вигляді збільшення або зменшення її кутової швидкості відбувається під впливом дії моменту зовнішньої сили, що прикладена до ланки за дотичною до її траєкторії.

199. Як впливають на зміну руху ланки тіла рушійні та гальмівні сили?

Зміна руху будь-якого тіла відбувається під дією прикладених до нього сил. Оскільки, крім рушійних, до ланки тіла людини прикладені ще й гальмівні сили, наприклад, сили тертя, опору зовнішнього середовища тощо, то зміна її руху в бік більшого моменту можлива за різницею моментів рушійних і гальмівних сил.

200. Як визначити величину моменту зовнішньої сили, що викликає кутове прискорення обертального руху ланки тіла людини?

Величину моменту зовнішньої сили, що прикладена до ланки тіла і викликає в неї кутове прискорення, визначають добутком моменту інерції ланки відносно вісі обертання (I) на кутове прискорення ланки (ε): $M_z(F_e) = I \cdot \varepsilon$, де $M_z(F_e)$ – момент зовнішньої сили ε відносно вісі z .

201. Які сили вважаються зовнішніми для ланки тіла людини?

Для ланки тіла людини зовнішніми силами, що діють на неї, є сила тяги м'язів, які прикріплені до неї, сила реакції сусідніх ланок, а також зовнішні для тіла людини сили, але прикладені до даної ланки, наприклад, сила тяжіння, сила інерції спортивного снаряда та інші.

202. Від чого залежить досягнення необхідної величини кутової швидкості обертального руху ланки тіла?

Досягнення необхідної величини кутової швидкості ланки тіла залежить від співвідношення прискорюючого імпульсу моменту зовнішньої сили (S_3) до моменту інерції ланки (I):

$$\Delta\omega = \frac{S_3}{I} = \frac{M_3(F_e) \cdot t}{m \cdot R_{ин}^2}, \text{ де } M_3(F_e) - \text{ момент зовнішньої сили } \varepsilon$$

відносно вісі z ; t – час обертання; m – маса ланки тіла; R – відстань від центру мас ланки до вісі обертання; ω – кутова швидкість.

Але, оскільки ланка є твердим тілом, то її момент інерції ($m \cdot R_{ин}^2$) не змінюється. Тому досягнення необхідної швидкості руху ланки залежить від імпульсу моменту зовнішньої сили, тобто від різниці моментів рушійних і гальмівних сил, а також часу їх дій. Отже, з метою зростання швидкості обертального руху ланки тіла необхідно збільшити момент сили тяги м'язів-агоніста або синергістів та зменшити силу тяги м'язів-антагоністів.

203. Яку роль під час швидких обертальних рухів у суглобах відіграють сили інерції ланки тіла і пружної деформації м'язів-антагоністів?

Для верхніх і нижніх кінцівок тіла людини характерний зворотний рух в суглобах. Швидкі обертання у зазначених

суглобах ланок кінцівок викликають сили інерції цих ланок. У фазі гальмування і зупинки руху ланки ці сили розтягують м'язи-антагоністи, в яких виникають сили пружної деформації. Останні зупиняють рух ланки і допомагають почати зворотний рух. Чим швидше відбувається гальмування ланки і розгін її у зворотному напрямку, тим більший вплив на цей процес мають сили інерції ланки і пружної деформації м'язів-антагоністів.

204. Під дією яких сил змінюються обертальні рухи системи ланок тіла людини?

Зміна обертальних рухів системи ланок тіла людини можлива лише під дією імпульсів моментів зовнішніх і внутрішніх сил, які викликають радіальний рух. Наприклад, коли гімнаст на перекладині із положення вису виконує розгойдування, то під час руху вниз момент сили тяжіння тіла відносно вісі перекладини прискорює рух. А під час руху вгору момент сили тяжіння уповільнює рух, тому що діє йому назустріч і сприймається як гальмівна сила.

205. Як визначити кутову швидкість тіла гімнаста, якщо він із положення вису на перекладині розгойдується і при цьому змінює свою позу?

У разі зміни пози гімнаста лінійні швидкості різних точок його тіла змінюються неоднаково (на відміну від фіксованої пози, де лінійна швидкість точок однакова і зберігається єдина кутова швидкість тіла). Щоб визначити зміну обертальних рухів,

тіло гімнаста умовно поділяють на дві рівні за масою частини. Потім знаходять центри мас цих двох частин і з'єднують їх прямою лінією. Цю лінію умовно вважають поздовжною віссю тіла. Наступний крок полягає у визначенні кута повороту вісі і її кутової швидкості. Зрозуміло, що це є наближеним відображенням швидкості зміни положення всього тіла гімнаста відносно вісі обертання.

206. Які рухи необхідно виконати гімнасту, який із положення вису на перекладині здійснює розгойдування, щоб останні відбувались максимально довго?

Щоб розгойдування на перекладині відбувались максимально довго, гімнасту необхідно наблизити ланки тіла (наприклад, нижні кінцівки) до вісі обертання. Таке положення призведе до зменшення радіусу обертання та радіусу інерції і, відповідно, моменту інерції тіла ($m \cdot R_{in}^2$) гімнаста. Крім того, наближення загального центру мас тіла до вісі обертання забезпечить більш високе його положення, а звідси і зростання величини потенційної енергії, яка під час руху гімнаста вниз зумовить збільшення величини кінетичної енергії. Таким чином, перехід більших величин потенційної енергії положення в кінетичну енергію руху і зворотно стимулює зростання повної механічної енергії. Як відомо, повна механічна енергія тіла виступає мірою ресурсу виконання роботи.

207. Як здійснюється управління рухами навколо осей зі зміною кінетичного моменту біомеханічної системи?

Управління рухами навколо осей зі зміною кінетичного моменту тіла людини можливе завдяки моментам зовнішніх сил. Джерелом цих сил слугує зовнішнє фізичне тіло. Наприклад, тренер здійснює підстраховку в кінці сальто або розгойдує гімнаста у висі на перекладині, який завдяки напруженню власних м'язів пасивно зберігає позу (не змінює форми тіла). У даному випадку тренер, прикладаючи зусилля до тіла гімнаста, збільшує або зменшує його обертання.

208. Як здійснюється управління рухами навколо осей зі збереженням кінетичного моменту біомеханічної системи?

Управління рухами навколо осей зі збереженням кінетичного моменту тіла людини може відбуватися завдяки внутрішнім силам тіла із використанням зустрічних рухів. Як правило, такі рухи виконуються в безопорному положенні. Наприклад, якщо у вільних вправах гімнастка силою тяги своїх м'язів під час обертання тіла навколо його поздовжньої осі викликає обертальний рух однієї частини тіла, то інша його частина починає обертатися у протилежний бік, тобто виникають зустрічні рухи. Коли ніякі сили не заважають зустрічним рухам і не змінюють кінетичний момент тіла спортсменки, то кінетичні моменти обох частин тіла, що обертаються, однакові за величиною, але мають протилежний знак. Отже, алгебраїчна сума кінетичного моменту усього тіла

гімнастики залишається незмінною. При цьому вісь обертання усього тіла проходить через його загальний центр мас.

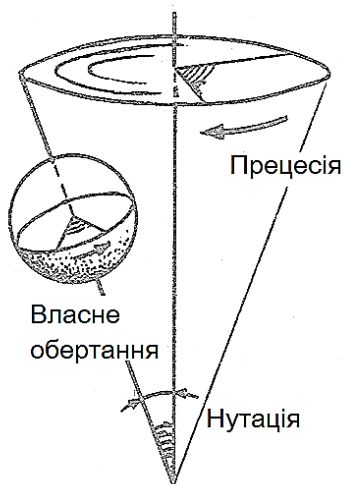
209. Охарактеризуйте способи управління рухами навколо однієї осі, коли створюються зустрічні рухи частинами тіла.

Зустрічне обертання частин тіла навколо однієї осі називається простим. Воно являє собою зкручування і розкручування тіла людини навколо поздовжньої вісі. Унаслідок специфічності будови тіла людини ці рухи мають анатомічно обмежену амплітуду. При цьому орієнтація у просторі кожної із частин тіла, що обертаються, змінюється, але загальна орієнтація тіла загалом у цілому зазвичай зберігається. Прикладами таких рухів можуть бути кидок м'яча у стрибку в баскетболі, кидок м'яча у гандболі із безопорного положення тощо.

210. Охарактеризуйте способи управління рухами навколо декількох осей, коли створюються зустрічні рухи частинами тіла.

Зустрічне обертання частин тіла навколо декількох осей називається складним. Наприклад, дзига обертається навколо власної вісі, і таке обертання називається власним. Ця ж вісь описує кола навколо іншої вісі – так звана прецесія. І, нарешті, кут між цими двома вісями, тобто власного обертання і прецесією, змінюється – названі вісі то зближуються, то віддаляються, що характеризується як нутація. Дане обертання навколо трьох осей можливе, коли тіло немає закріпленої вісі.

Коли ж тіло людини виконує складні обертальні рухи в безопорному положенні, то спочатку відбувається зустрічна нутація частин тіла, тобто тіло згинається вперед, або назад, або вбік. Далі спостерігається одночасне власне обертання верхньої і нижньої частин тіла у поперековому відділі хребта в сторону однойменних кінцівок і їх прецесія, а саме вісі обох частин системи описують конічні поверхні, але мають протилежний напрямок. У результаті зустрічних колових рухів змінюється орієнтація тіла в просторі, тобто відбувається його поворот. У подальшому знову відбувається нутація і тіло випрямляється.



211. Чи змінюється кінетичний момент усього тіла людини під час виконання складного зустрічного обертання його частин?

Кінетичний момент усього тіла, коли людина виконує зустрічне обертання частин свого тіла навколо декількох осей,

не змінюється. Це відбувається тому, що кінетичні моменти частин тіла, що обертаються, врівноважуються.

212. Як буде обертатись тіло, якщо під час виконання складного зустрічного обертання його частин немає зустрічної нутації?

У разі відсутності зустрічної нутації, тобто коли тіло людини випрямлене, верхні і нижні частини тіла будуть обертатися тільки навколо поздовжньої вісі в бік різнойменних кінцівок. Таке обертання називається зкручуванням.

213. Яким чином можна підсилити поворот тіла в безопорному положенні під час обертання його навколо поздовжньої вісі?

Поворот тіла людини навколо своєї поздовжньої вісі в безопорному положенні за рахунок вигинань тіла можна посилити за допомогою рухів руками.

214. Які варіанти рухів руками можуть посилити поворот тіла людини навколо власної поздовжньої вісі в безопорному положенні?

Рухи верхніми кінцівками, які посилюють поворот тіла людини навколо власної поздовжньої вісі в безопорному положенні, можуть бути як симетричні, так і асиметричні. Недивлячись на те, що асиметричні рухи обмежені анатомічною будовою суглобів і тому одномоментні, на відміну від симетричних, які можуть повторюватись багаторазово, більш сприятливі, тому що забезпечують більшу амплітуду повороту.

Рівновага тіла та її збереження під час вирішення рухових завдань

1. Що розуміють під рівновагою тіла людини?

Здатність тіла зберігати свою позу під час статичних умов, а також у русі називають рівновагою.

2. Як класифікують рівновагу?

Розрізняють статичну і динамічну рівноваги.

3. Що називають статичною рівновагою тіла?

Якщо на тіло, що знаходиться у стані спокою або рухається рівномірно, діють сили і моменти сил, які у сумі дорівнюють нулю, то таке тіло характеризується статичною рівновагою.

4. Що називають динамічною рівновагою тіла людини?

Стан системи твердих тіл (тіло людини загалом), де зберігається поза тіла, коли деякі частини тіла змінюють своє положення, наприклад, нижні кінцівки під час ходьби, називають динамічною рівновагою.

5. Що необхідно здійснити, щоб тіло перебувало в рівновазі, але при цьому прикладені до нього сили у сумі не дорівнюють нулю?

Щоб тіло перебувало в рівновазі, коли прикладені до нього сили у сумі не дорівнюють нулю, необхідно до цього тіла прикласти додаткову силу, яка за величиною дорівнює рівнодійній силі, а за напрямком дії – протилежна їй.

6. Яка умова забезпечує рівновагу тіла, коли воно одночасно здійснює поступальний і обертальний рухи, наприклад, рухи фігуриста?

Якщо людина у певній позі може рухатись поступально, а також виконувати обертання навколо деякої вісі, то тіло може знаходитись у рівновазі, коли рівнодійна всіх сил, прикладених до тіла, дорівнює нулю ($F_1+F_2+\dots+F_n=0$), а також алгебраїчна сума моментів усіх сил, що діють на тіло, відносно осі обертання дорівнює нулю ($M_1+M_2+\dots+M_n=0$).

7. Що є умовою збереження рівноваги тіла, закріпленого на осі, і до нього прикладено декілька сил, наприклад, людина у витягнутій руці утримує гантелю?

Умовою збереження рівноваги тіла, що закріплене на осі і до нього прикладено декілька сил, є алгебраїчна сума моментів цих сил, яка дорівнює нулю: $M_1+M_2+\dots+M_n = 0$. Звідси таку умову рівноваги називають правилом моментів.

8. Що складає основу збереження тілом рівноваги?

Основу збереження тілом свого положення складає врівноваження сил, що прикладені до даного тіла.

9. Які сили, що прикладені до тіла людини, впливають на його рівновагу?

До сил, що впливають на рівновагу тіла людини, можна віднести силу тяжіння, силу реакції опори, вагу тіла, силу тяги м'язів, силу опору середовища, силу опору суперника, силу партнера та ін.

10. Як сили, що прикладені до тіла людини, можуть діяти на нього?

Усі сили, що прикладені до тіла людини, можуть діяти як перекидаючі (намагаються вивести тіло із рівноваги) і як врівноважуючі (намагаються зберегти відповідне положення тіла).

11. Як сила тяжіння впливає на рівновагу тіла людини?

Сила тяжіння прикладена до центрів мас окремих частин тіла і до загального центру мас. Залежно від особливостей пози людини та положення окремих частин тіла (верхні та нижні кінцівки, голова тощо) сила тяжіння може збурювати позу, тобто виводити тіло із рівноваги, або навпаки – підтримувати її, врівноважуючи інші сили, що сприймаються тілом як перекидаючі.

12. Поясніть вплив реакції опори на позу тіла людини.

Коли людина взаємодіє з опорою, реакція останньої врівноважує опорні ланки тіла, з'єднуючи їх нерухомо між собою.

13. Який вплив на позу тіла людини має вага ланок тіла?

Вага ланок тіла розглядається як внутрішня відносно тіла людини сила. Вона виникає внаслідок прикладення сили тяжіння до центрів мас ланок. Як внутрішня сила вага ланок прикладена до сусідніх з ними ланок.

14. Яким чином сили тяги м'язів зберігають положення всього тіла?

Людина при збереженні необхідного положення тіла або його зміні може управляти тільки внутрішніми силами тяги м'язів. У разі необхідності збереження положення тіла моменти цих сил врівноважують моменти сил тяжіння відповідних ланок і ваги з'єднаних з ними інших ланок. Таким чином, сили тяги м'язів зберігають пози тіла, фіксують положення ланок в суглобах.

15. Які види рівноваги характерні для тіла людини?

Для тіла людини характерними є наступні види рівноваги: стійка, байдужа та обмежено-стійка.

16. Як визначити вид рівноваги тіла людини?

Для того, щоб визначити вид рівноваги тіла людини, необхідно розглянути дію сили ваги при будь-якому малому відхиленні тіла.

17. Охарактеризуйте стійку рівновагу тіла людини.

Стійка рівновага тіла виникає, коли, наприклад, людина займає положення вису на перекладині (загальний центр мас тіла знаходиться нижче опори). У цьому випадку під час відхилення тіла його загальний центр мас піднімається уверх, що супроводжується збільшенням потенціальної енергії тіла (у полі тяжіння Землі). Сила тяжіння, що прикладена до загального центру мас, утворює момент сили, дія якого спрямована на відновлення рівноваги, і тіло повертається у вихідне положення.

18. У чому полягає особливість обмежено-стійкої рівноваги?

Обмежено-стійка рівновага може проявлятися у людини, коли вона стоїть на опорі. У цьому випадку тіло може відхилитися до того часу, поки лінія ваги (проекція загального центру мас на горизонтальну площину) не наблизиться до межі площі опори. До цієї межі сила ваги створює момент стійкості, який спроможний відновити положення рівноваги тіла. Водночас по мірі відхилення тіла його загальний центр мас піднімається уверх, що потребує витрат роботи, яка збільшує енергію тіла. При подальшому відхиленні тіла спостерігається перетин лінією ваги меж площі опори, а потенціальна енергія починає зменшуватись, так зване подолання «потенціального бар'єру». Момент сили ваги у цей час стає вже перекидаючим моментом. Саме в межах «потенціального бар'єру» рівновага тіла характеризується як обмежено-стійка.

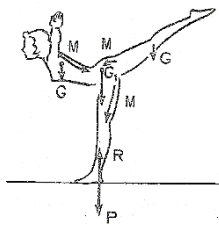
19. Опишіть особливості байдужої рівноваги тіла.

Байдужа рівновага тіла може виникати за умови, коли тіло знаходиться на опорі, і під час переміни свого положення загальний центр мас не змінює висоти свого розташування відносно опори. При цьому момент сили тяжіння не виникає. Наближеним прикладом цього виду рівноваги можуть бути переكاتи тіла людини через сторони із вихідного положення лежачи на горизонтальній площині.

20. Які існують умови врівноваження дії сил на тіло людини?

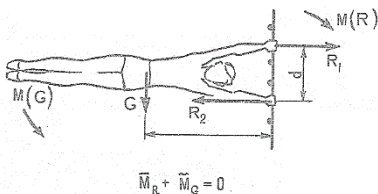
Для врівноваження дії на тіло людини усіх сил необхідно, щоб головний вектор і головний момент зовнішніх сил дорівнювали нулю, а всі внутрішні сили забезпечували збереження пози.

21. Що розуміють під головним вектором зовнішніх сил, що діють на тіло людини?



Усі зовнішні сили, що діють на тіло людини, прикладені до його загального центру мас. Їх рівнодійна і називається головним вектором. Він зумовлює лінійне прискорення тіла. Але, якщо головний вектор дорівнює нулю, то загальний центр мас не змінює швидкості. У випадку, коли швидкість дорівнює нулю, то і не змінюється положення тіла.

22. Що розуміють під головним моментом зовнішніх сил, які діють на тіло людини?



Зовнішні сили, що прикладені до тіла людини, намагаються надати йому, або окремим його частинам, обертальний рух. Така дія сил називається моментом сил, а їх рівнодійна – головним моментом. Головний момент зумовлює кутове прискорення тіла. Коли головний момент дорівнює нулю, то тіло кутового прискорення не набуває, тобто воно не обертається.

23. Чи змінюється рух тіла, якщо до нього прикладені врівноважені сили?

Якщо до рухомого тіла прикладені врівноважені сили, то вони не змінюють його рух.

24. Що називають постуральною активністю м'язово-скелетної системи?

Здійснення будь-якого руху людиною супроводжується необхідністю підтримувати стійке положення тіла. Оскільки під час руху змінюється положення тіла, то забезпечення його стійкості зумовлене активністю м'язово-скелетної системи, яка змінюється у відповідь на зміну пози тіла. І така активність м'язово-скелетної системи називається постуральною.

25. Які види постуральної активності м'язово-скелетної системи людини Вам відомі?

Постуральна активність м'язово-скелетної системи людини може бути локальною, яка пов'язується зі збудженням м'яза-антагоніста або більш широкою, що включає збудження м'язів тулуба.

26. Чи здійснюється постуральна активність м'язово-скелетної системи людини під контролем свідомості?

Постуральна активність м'язово-скелетної системи людини – автоматичний рефлекс, який не вимагає довільного (свідомого) збудження м'язів нервовою системою.

27. У чому полягає призначення постуральної активності м'язово-скелетної системи людини?

Призначення постуральної активності м'язово-скелетної системи людини – підтримання стійкості положення тіла.

28. Які біомеханічні характеристики надають оцінку ступеню стійкості положення тіла людини?

Оцінку ступеню стійкості положення тіла людини можна отримати за допомогою вимірювання площі опори тіла, висоти розташування загального центру мас над опорою, визначення місця проходження лінії ваги (проекції загального центру мас на горизонтальну площину) через площу опори, а також орієнтації сегментів тіла, які не беруть участі у русі.

29. Що називається площею опори тіла?

Ділянка, яка знаходиться між крайніми точками опори тіла, називається площею опори. Наприклад, якщо людина здійснює опору на одній нозі, то площею опори є ділянка на поверхні опори під ступнею. Коли ж людина займає вертикальне положення і здійснює опору двома ногами, то площа опори включає ділянку під ступнями і між ними.

30. Як величина площі опори впливає на ступінь стійкості тіла?

Чим більша величина площі опори тіла людини, тим вищий ступінь його стійкості.

31. Як пов'язана висота розташування загального центру мас над опорою із ступенем стійкості тіла людини?

Ступінь стійкості тіла людини обернено пропорційний висоті розташування загального центру мас тіла над опорою. Тобто, чим вище над опорою знаходиться загальний центр мас, тим менший ступінь стійкості має тіло, і навпаки (при незмінній величині площі опори).

32. Як переміщення лінії ваги змінює ступінь стійкості тіла людини?

Тіло людини у вертикальному положенні знаходиться у рівновазі до того часу, поки при зміні пози, наприклад, нахилах тулуба, лінія ваги залишається в межах площі опори. І це положення тіла буде стійким, доки м'язово-скелетна система може сприймати збурення і повертатись до рівноваги.

33. Яким чином орієнтація сегментів тіла забезпечує можливість утримання положення тіла людини?

Орієнтація сегментів тіла як фактор утримання положення тіла людини може забезпечуватись двома шляхами. Перший із них пов'язаний із появою попереджувальної стабілізації м'язів частин тіла, які безпосередньо участі у русі не беруть, а також із створенням жорсткого зв'язку між кінцівками, які виконують основний рух, і тією частиною тіла, яка здійснює опору. Наприклад, людина у вертикальному положенні тіла швидко піднімає верхню кінцівку до горизонтального положення. Такий рух забезпечує передній дельтоподібний м'яз. Мінімальний час

збудження цього м'яза після подачі сигналу становить 120 мс. Однак, приблизно за 50 мс до дії дельтоподібного м'яза збуджуються сухожилки, які обмежують з боків підколінну ямку на тій же стороні тіла. Збудження м'язів нижньої кінцівки необхідне для того, щоб забезпечити попереджувальну стабілізацію з врахування інерційних ефектів наступного руху руки, а також створює жорсткий зв'язок між рухом кінцівки і відповідною реакцією опори, яка чинить вплив на стопи. У результаті підвищення жорсткості сегментів тіла, які навіть безпосередньо не беруть участі в обумовленому русі, попереджувальна дія може сприяти наступному руху у вигляді передачі енергії посередництвом міжсегментної динаміки. Другий шлях асоціюється із двосторонньою реакцією парних частин тіла, яка необхідна для створення більш стабільної бази компенсації збуренню. Наприклад, якщо впливати на кисть руки, яка стискає поручень для підтримки рівноваги тіла, то це викличе автоматичну реакцію, пов'язану з утриманням положення тіла, тобто збільшення сили стискання кисті в контрлатеральній руці.

34. Якими показниками характеризується ступінь стійкості тіла людини в різних положеннях?

Ступінь стійкості тіла людини в різних положеннях характеризується статичним показником, тобто коефіцієнтом стійкості, а також динамічним – кутом стійкості.

35. Що розуміється під коефіцієнтом стійкості?

Коефіцієнт стійкості є статичним показником, який характеризує здатність тіла людини чинити опір порушенню його стійкості в певному напрямку. Його визначають відношенням двох моментів сил, а саме, моменту стійкості до

моменту перекидаючого: $K_{cm} = \frac{M_{cm}}{M_{пер}}$.

Якщо коефіцієнт стійкості більше одиниці, то тіло не перекидається. Отже, коефіцієнт стійкості характеризує здатність тіла людини своєю силою ваги протидіяти перекидуванню в даних умовах.

36. Як визначають момент стійкості тіла?

Момент стійкості визначають добутком сили ваги тіла (P) на її плече (d) відносно лінії перекидування на самому початку відхилення від положення спокою: $M_{cm} = P \cdot d$ (Н·м).

У разі поступового відхилення тіла від початкового положення плече сили ваги вкорочується і момент стійкості стає меншим.

37. Як визначається перекидаючий момент сили, яка збурює тіло?

Перекидаючий момент визначають добутком перекидаючої сили ($F_{пер}$), яка діє на тіло, на її плече (h) відносно тієї ж лінії перекидування: $M_{пер} = F_{пер} \cdot h$ (Н·м).

38. Що розуміють під кутом стійкості?

Кут стійкості – динамічний показник, що характеризує здатність тіла людини відновлювати своє положення. Він утворюється лінією дії сили ваги і відрізком, який з'єднує загальний центр мас тіла з точкою на відповідній межі площі опори.

39. У чому полягає практичний зміст визначення кута стійкості?

Визначення кута стійкості має практичне значення, яке полягає у наступному: щоб відхилити тіло до положення, коли його загальний центр мас опиниться над лінією перекидування і виникає нестійка рівновага, необхідно повернути його у відповідній вертикальній площині на визначений кут. У випадку, коли загальний центр мас тіла розташований нижче відносно опори, а його проекція знаходиться далі від межі опори, то момент стійкості відновить положення тіла на більшому шляху відхилення. При цьому запас можливостей для відновлення положення більше і ступінь стійкості тіла також більше. Таким чином, кут стійкості свідчить, в яких межах ще діє момент стійкості.

40. Чому показники ступеню стійкості тіла (коефіцієнт стійкості та кут стійкості) дають можливість тільки наближено оцінити механічні умови його стійкості?

Можливість оцінки ступеню стійкості положення тіла людини залежить від декількох чинників. Перший із них полягає

в тому, що поверхня опори майже завжди більше площі ефективної опори. Це означає, що лінія перекидування завжди знаходиться усередині межі поверхні опори. М'які тканини тіла та недостатньо сильні м'язи не можуть врівноважити навантаження, тому перекидування буде відбуватися раніше, ніж лінія ваги перетне межу опорної поверхні. Другий чинник полягає в тому, що тіло людини в момент перекидування часто не зберігає свої пози, а тільки змінює конфігурацію. При цьому спостерігається рух ланок тіла у певних суглобах. Отже, коефіцієнт стійкості та кут стійкості, як показники стійкості твердого тіла, стосовно тіла людини (системи твердих тіл) дають можливість тільки наближено оцінити механічні умови його стійкості.

41. Що лежить в основі управління положенням тіла людини?

Управління положенням тіла людини є адаптаційною особливістю рухової системи, в основі якої лежить нейрохімічна інтеграція аферентного вхідного сигналу від чуттєвих нервових закінчень та ефективного вихідного сигналу із центральної нервової системи до м'язів.

42. До якого моменту положення тіла людини може бути стійким?

Положення тіла людини сприймається як стійке до того часу, поки м'язово-скелетна система може сприймати збурення і повертатись до рівноваги.

43. Яка ділянка тіла впливає на корекцію його положення?

На корекцію положення тіла людини впливає та його ділянка, яка безпосередньо забезпечує контакт з опорою. Наприклад, коли людина знаходиться у вертикальному положенні і тільки нижні кінцівки контактують з опорою, то реакція на протидію збуренню ініціюється м'язами ніг.

44. Які збурення відчуває тіло людини, коли воно знаходиться у вертикальному положенні?

Стійкість тіла людини характеризується рівновагою розгойдуваного типу. Коли воно знаходиться у вертикальному положенні, то розгойдується назад і вперед. При цьому зорові, соматосенсорні та вестибулярні чуттєві нервові закінчення генерують ці коливання і викликають компенсаторні реакції відповідних м'язів.

45. Що може бути причиною збільшення кількості випадків падіння людини в похилому віці?

Одним із механізмів, який зумовлює збільшення кількості випадків падіння людини в похилому віці, є зниження здатності чуттєвих нервових закінчень розпізнавати і контролювати розхитування тіла вперед – назад.

46. Які зони збереження положення тіла людини Вам відомі?

До зон збереження положення тіла людини відносяться: оптимальна; збереження положення; відновлення положення.

47. У чому полягає особливість зони збереження положення тіла людини?

Зона збереження положення тіла людини знаходиться в межах ефективної опори. Загальний центр мас може знаходитись у будь-якому місці цієї зони і людина завжди буде зберігати своє положення. Величина цієї зони залежить від двох чинників. Перший із них пов'язаний із силою м'язів, які забезпечують можливість збереження пози, а другий – від технічної підготовленості, від рівня якої залежить формування навички збереження пози. У межах цієї зони людина здатна зупинити збурення свого тіла.

48. Охарактеризуйте оптимальну зону збереження положення тіла людини.

Оптимальна зона збереження положення тіла людини знаходиться всередині зони збереження положення. В її межах людина найкраще зберігає необхідну позу. Якщо коливання тіла змушують загальний центр мас залишити оптимальну зону, то стійкість тіла ще достатня, але вимагає від людини додаткових зусиль.

49. Що розуміють під зоною відновлення положення тіла людини?

Коли коливання тіла змушують загальний центр мас залишити межі зони збереження положення, то тіло втрачає рівновагу і падає. У даному випадку механічна система вже не

може сама під дією тільки сили тяжіння відновити положення тіла людини. Падіння тіла буде неминучим, якщо не буде додаткового зовнішнього впливу. У цій зоні вже неможлива статична рівновага, але завдяки активним діям людина ще може повернутися в необхідне положення.

50. У чому полягають відмінності між утримуючими і неутримуючими зв'язками як умов збереження положення тіла людини?

Під час виконання гімнастичних вправ на снарядах з використанням хвату (наприклад, стійка на руках на брусах) мають місце утримуючі зв'язки, а під час знаходження людини на горизонтальній опорі – неутримуючі зв'язки. Так, під час стійки на руках при утримуючій опорі зона збереження рівноваги у передньозадньому напрямку досягає 110-150 % від розмірів площі опори, у той час як протягом виконання стійки на руках на горизонтальній поверхні зона збереження рівноваги у цьому ж напрямку становить 45-65 %.

51. Які рухи людини дозволяють їй управляти врівноважуючими і відновлювальними силами з метою збереження положення тіла?

Збереження положення тіла досягається управлінням людиною врівноважуючими та відновлювальними силами за допомогою компенсаторних, амортизаційних і відновлювальних рухів.

52. У чому полягає особливість компенсаторних рухів людини як можливість управління збереженням положення тіла?

Компенсаторні рухи необхідні людині для попередження виходу загального центру мас тіла за межі зони збереження положення під час збурення тіла і рухів на місці. Ці рухи протидіють впливу збурювальних сил на загальний центр мас і виконуються зазвичай одночасно з відхиленнями тіла і, як правило, автоматично.

53. Охарактеризуйте амортизаційні рухи як можливість управління збереженням положення тіла.

Амортизаційні рухи, які виконує людина задля управління збереженням положення свого тіла, зменшують вплив дії збурювальних сил. Як правило, ці рухи характеризуються поступливим типом роботи м'язів, і спрямовані у бік дії збурювальної сили. Вони сповільнюють відхилення тіла, що тільки почалося, і зупиняють його. Людина виконує їх одночасно із дією на тіло збурювальних сил.

54. Доведіть своєрідність відновлювальних рухів як можливість управління збереженням положення тіла.

Застосування людиною відновлювальних рухів спрямоване на повернення загального центру мас тіла до зони збереження положення із зони відновлення положення. Це можливо за умови переміщення загального центру мас в зону збереження

рівноваги під дією зовнішньої сили або переміщення точки опори під загальний центр мас тіла. Часто відновлювальні рухи не тільки усувають відхилення тіла від положення рівноваги, але й викликають протилежне відхилення, тобто виникає так звана гіперкорекція. Нові відновлювальні рухи повторної корекції знову переходять через середнє положення і відбувається низка згасаючих коливань. Такі згасаючі коливання називають також балансуванням.

55. Чи може людина для збереження свого положення використовувати рухи комбінованої дії?

Подеколи для збереження і відновлення положення свого тіла людина поєднує два або навіть три види рухів (компенсаторні, амортизаційні, відновлювальні) у вигляді однієї комбінованої дії. Таким чином, людина, щоб зберегти своє положення, активно долає збурювальні сили.

РОЗДІЛ 2. БІОМЕХАНІЧНИЙ ПОГЛЯД НА РУХОВИЙ АПАРАТ ЛЮДИНИ

Будова і функції рухового апарату людини

1. Від яких факторів залежать особливості рухів людини?

Особливості рухів людини в значній мірі залежать від того, яка будова її тіла і які його властивості. Надзвичайна складність будови та різноманітність властивостей тіла людини, з одного боку, роблять дуже складними самі рухи та управління ними, а з іншого, – зумовлюють надзвичайне багатство рухів та їх різноманітність.

2. Що називають біомеханічною системою?

Спрощену модель тіла, за допомогою якої можна вивчати закономірності рухів людини, називають біомеханічною системою.

3. Що називають руховим апаратом людини?

Систему органів і тканин, що виконують функцію руху, називають руховим апаратом людини.

4. З яких елементів складається руховий апарат людини?

У людини руховий апарат складається із кісток скелета, синовіальних суглобів, скелетних м'язів, мотонейронів та чуттєвих нервових закінчень.

5. Які функції з метою здійснення руху виконують кістки скелета?

З метою здійснення руху кістки скелета виконують декілька функцій: 1) забезпечують механічну підтримку тіла, є центральною структурою кожного його сегменту; 2) утворюють еритроцити; 3) слугують активним резервуаром йонів Ca^{+} і фосфору.

6. Які компоненти утворюють кісткову тканину?

Кістка – жива тканина, що складається з білкового матриксу (в основному колагена), на якому відкладаються солі кальцію, головним чином фосфат. Ці мінерали забезпечують міцність кістки. Вода складає біля 20 % маси кістки, остеоколагенові волокна – близько 35 %, солі – 45 %. Остеоколагенові волокна визначають силу і пружність кістки.

7. Що є основною структурною одиницею кістки?

Основною структурною одиницею кістки є остеон (гаверсова система), який складається із декількох шарів мінералізованого матриксу, оточуючого центральний канал. В центральному каналі знаходяться кровоносні судини і нерви.

8. Яким взаємозв'язком характеризуються механічні властивості кістки?

Механічні властивості кістки характеризуються взаємозв'язком навантаження – деформація. Тобто на кісткову тканину впливає навантаження у вигляді дії будь-якої сили і виникає її деформація, величину якої можна виміряти.

9. Які властивості кістки можна визначити, коли на неї діють різні сили?

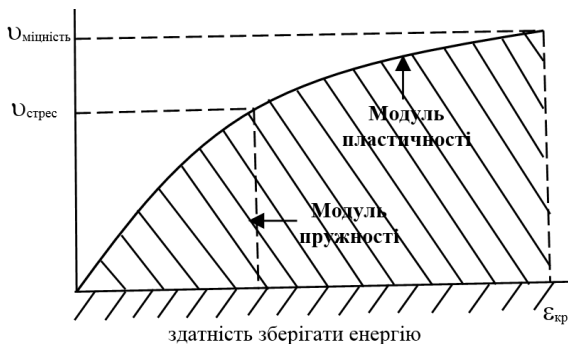
Завдяки прикладенню до кістки різних сил (розтягнення, стискання, згинання, зкручення, зміщення) можна визначити такі її властивості: силу, твердість і здатність зберігати енергію.

10. Що означає поняття «стрес» як міра дії сили на кістку?

Під поняттям «стрес» розуміють міру дії сили на одиницю площі кістки.

11. Охарактеризуйте матеріальні властивості кістки.

Матеріальні властивості кісткової тканини характеризуються наступними показниками: 1) межею стресу ($\sigma_{стрес}$), тобто стресу, за яким взаємозв'язок змінюється від області пружних деформацій до області пластичних деформацій; 2) міцністю кістки ($\sigma_{міц}$); 3) критичною деформацією ($\epsilon_{кр}$); 4) модулем пружності (нахил області пружних деформацій); 5) модулем пластичності (нахил області пластичних деформацій); 6) енергією, яку може абсорбувати кістка (вимірюють як площу під кривою).



12. Охарактеризуйте кістку як структуру.

Форма і структура кістки залежить від виконуваних функцій і умов оточуючого середовища. Наприклад, під час бігу підтюпцем зі швидкістю $2,2 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ великогомілкова кістка людини більше деформується при стисканні, ніж при розтягненні. Причому величина деформації зростає зі зростанням швидкості бігу. На стегнову кістку під час локомоцій частіше впливають поздовжні, ніж перпендикулярно спрямовані сили. Саме тому стегнова кістка характеризується максимальною протидією стисканню, середньою – розтягненню і мінімальною – зміщуванню. Міцність кісток у 2-5 разів перевищує величини сил, які впливають на них у повсякденній діяльності людини.

13. Як фізичне навантаження впливає на кісткову тканину?

Тренувальні і змагальні фізичні навантаження викликають відповідні зміни клітинної організації кістки, що відображається і на механічних її властивостях.

14. Що називаються ремоделюванням кістки?

Процеси зміни всіх структур кістки, що включають розвиток, зміцнення і резорбцію (процес вимивання кальцію із кісток), мають об'єднуючу назву – ремоделювання. Повний цикл ремоделювання кісток кінцівок дорослої людини складає до 20 років.

15. Від яких факторів залежить процес ремоделювання кісток?

Ремоделювання залежить від таких факторів, як фізична активність, вік людини, захворювання і отримані травми. Наприклад, у спортсменів спостерігається більш значні відкладення макроелементів і підвищена щільність тканини великогомілкової кістки. У важкоатлетів зі стажем тренувань і змагальної діяльності 6 років проявляється підвищений вміст макроелементів в основних опорних сегментах скелету (поперековий відділ хребта, вертлюг, шийка кістки стегна) порівняно з іншими частинами тіла. Вміст макроелементів у кістках може збільшитись вже після 6 тижнів тренувань.

16. Чому кістка за сприятливих умов зберігає свою міцність?

Процеси формування і резорбції кісткової тканини знаходяться у рівновазі, тому за відсутності патологічних змін кістка зберігає свою міцність.

17. Яке явище називають остеопорозом?

Процес зниження маси і міцності кістки називається остеопорозом. Він супроводжується збільшенням пористості кісткової тканини. Це явище виникає в результаті посилення тільки резорбції кальцію або тільки формування кістки без зниження резорбції.

18. Як умови мікроневагомості впливають на міцність кістки?

Умови мікроневагомості призводять до демінералізації кісткової тканини, надмірної втрати солей скелетом. У результаті чого кістки стають менш міцними і під час значного фізичного навантаження можуть руйнуватись.

19. Скільки суглобів нараховується в тілі людини?

У тілі людини нараховується 206 кісток, які з'єднані між собою майже 200 суглобами.

20. Які види суглобів Вам відомі?

У людському тілі суглоби поділяються на три види: 1) волокнисті – відносно нерухомі (наприклад, шви черепа); 2) хрящові – ледь рухомі (грудинно-реберні, міжхребцеві диски); 3) синовіальні, в яких відбувається рух (ліктьовий, кульшовий, колінний).

21. Які функції виконує синовіальний суглоб?

Синовіальний суглоб виконує наступні функції: 1) сприяє збереженню положення тіла; 2) забезпечує рухливість скелета в результаті обертання одного сегменту тіла відносно іншого; 3) передає зусилля від одного сегменту до іншого.

22. Які структурні одиниці утворюють синовіальний суглоб?

Структурними одиницями синовіального суглоба є: 1) суглобовий хрящ; 2) суглобова капсула; 3) синовіальна мембрана; 4) будова контактуючих поверхонь.

23. Охарактеризуйте суглобовий хрящ синовіального суглоба.

Поверхня кісток, які утворюють синовіальний суглоб, вистелена суглобовим хрящем. Він представляє собою щільну сполучну тканину білого кольору, що немає кровоносних судин, лімфатичних каналів, нервів. До складу хряща входять колагенові фібрили, протеоглікани і вода, які і визначають біомеханічну поведінку суглобового хряща. Суглобовий хрящ забезпечує відносний рух поверхонь кісток, які утворюють суглоб, з мінімальним тертям. Крім того, видозмінює за певних умов форму кістки, щоб відбувався кращий контакт із сусідньою кісткою.

24. Які види змазки захищають суглобовий хрящ?

Суглобовий хрящ захищений двома видами змазки: межевою і рідкою гідродинамічною.

25. Яку роль у функціонуванні суглоба відіграє межева змазка?

Коли контактуючі поверхні кісток певного синовіального суглоба зазнають значних фізичних навантажень тривалий час, суглобовий хрящ захищається межевою змазкою.

26. За яких умов синовіальний суглоб змащується рідкою гідродинамічною змазкою?

Рідка гідродинамічна змазка змащує суглоб, коли контактуючі поверхні з високою швидкістю під дією невеликих навантажень рухаються одна відносно іншої.

27. Коли відбувається зворотне всмоктування змазочних рідин у синовіальних суглобах?

Синовіальні суглоби володіють властивістю самозмащуватися під дією фізичних навантажень. У разі припинення впливу навантаження змазочна рідина реабсорбується.

28. Як довготривале фізичне навантаження впливає на хрящову тканину синовіального суглоба?

Суглобовий хрящ являє собою в'язкопластичний матеріал. При постійному і тривалому навантаженні його реакція, тобто механічна поведінка, змінюється з часом. Цей процес включає зокрема зміну товщини хряща внаслідок потрапляння до суглобу рідини, що виділяється під дією навантаження. У фізично підготовлених людей, у тому числі і спортсменів, товщина суглобового хряща більше. Суглобовий хрящ може індивідуалізуватися залежно від специфіки виду діяльності, наприклад, у колінному суглобі можуть утворюватися внутрішньосуглобові диски або меніски, які збільшують контактуючу поверхню суглобів.

29. Для чого слугує суглобова капсула?

Контактуючі поверхні синовіального суглоба розміщені в суглобовій капсулі, яка прикріплена до кісток суглоба, і відокремлює суглобову порожнину від оточуючих тканин.

30. Де розміщена і яку роль у функціонуванні суглоба відіграє синовіальна мембрана?

Внутрішня частина суглобової капсули, а також ділянки кісток, які не покриті суглобовим хрящем, вистелені синовіальною мембраною. Вона виділяє в суглобову порожнину синовіальну рідину. Ця рідина змащує і забезпечує поживними речовинами суглобовий хрящ. Як і суглобовий хрящ, суглобова капсула може адаптуватися до зміни діяльності.

31. Які у тілі людини бувають синовіальні суглоби?

У тілі людини синовіальні суглоби порівнюють із геометричними фігурами. Звідси суглоби поділяють на кулясті (наприклад, кульшовий, плечовий), плоскі (акроміально-ключичний, зап'ястково-п'ястковий), еліпсоподібні (променево-зап'ястковий), сідлоподібні (грудинно-ключичний), циліндричні (дистальний променево-ліктьовий), блокоподібні (гомілково-стопний, ліктьовий).

32. Які види м'язів існують у тілі людини?

Гістологічно у тілі людини м'язи поділяються на серцевий, гладкі та скелетні.

33. Який вид м'язів забезпечує рухову активність людини?

Із усіх м'язів, які знаходяться у тілі людини, тільки скелетні м'язи безпосередньо беруть участь у руховій активності людини.

34. Яке завдання в руховому апараті людини виконують скелетні м'язи?

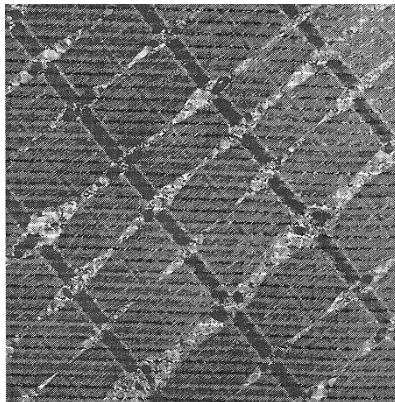
У руховому апараті людини завдання скелетного м'яза полягає в утворенні сили, яка взаємодіє із силами навколишнього середовища і забезпечує обертання твердих ланок (кісток скелета).

35. Якими властивостями володіють скелетні м'язи?

Скелетні м'язи мають такі властивості, як подразливість, тобто здатність реагувати на стимули; провідність, а саме, здатність передавати хвилю збудження; скоротливість у вигляді здібності змінювати свою довжину; адаптивність, або потенціал до зміни форми, кількісного співвідношення різних типів волокон.

36. Чому скелетні м'язи називаються посмугованими?

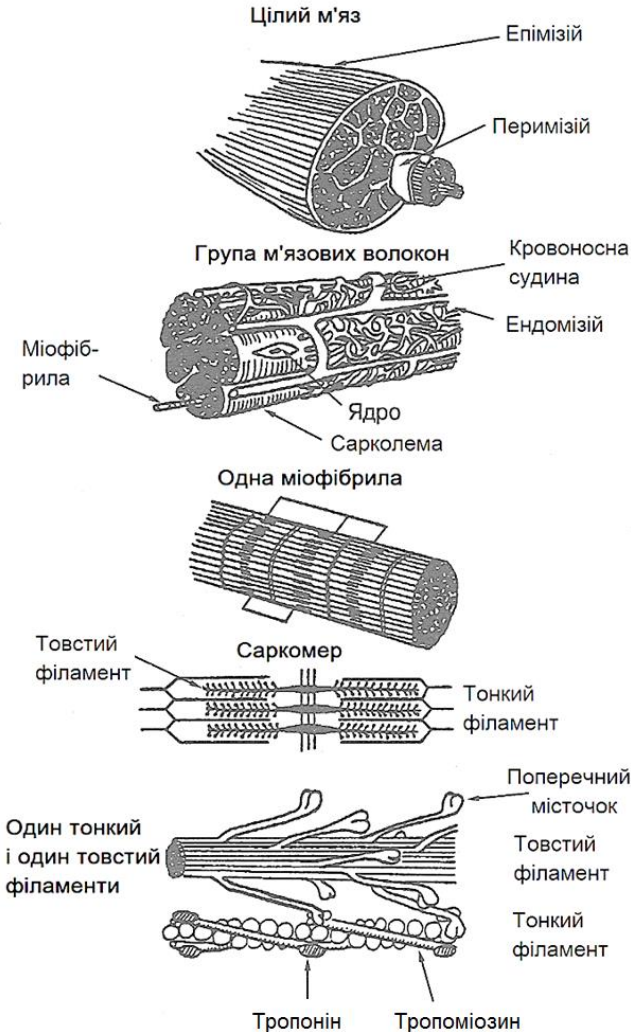
Якщо під мікроскопом розглядати тканину скелетних м'язів, то клітини цих м'язів виглядають поцяткованими поперечними смугами.



37. Чим зумовлена посмугованість скелетних м'язів?

Посмугованість скелетних м'язів зумовлена впорядковано розташованими товстими і тонкими скоротливими філаментами, які створюють перемежовані світлі та темні смуги.

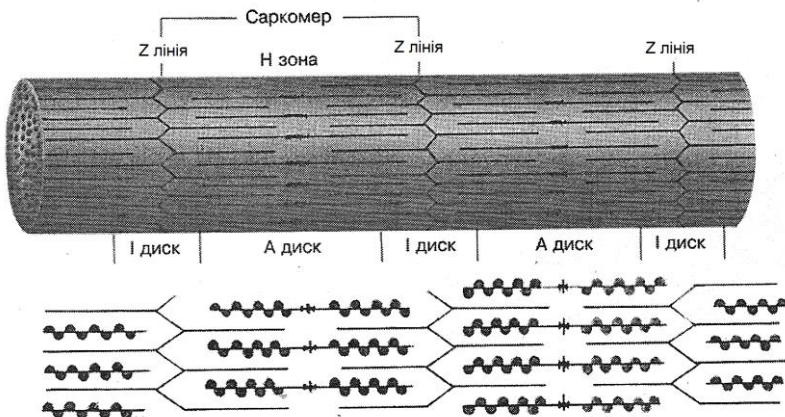
38. Що Вам відомо про будову скелетного м'яза?



Скелетний м'яз складається з окремих клітин, які називаються м'язовими волокнами. Окремі м'язові волокна оточені шаром сполучної тканини, що називається ендомізій. Групи м'язових волокон з'єднані в «грона», які оточені шаром сполучної тканини – перимізійем. Групи таких «грон» складають власне весь м'яз, який обгортає інша сполучна тканина, що носить назву епімізій. Така триступенева сітка колагенової сполучної тканини з'єднує волокна із сухожилками і, відповідно, зі скелетом. Завдяки такому взаємозв'язку, м'язові волокна, сполучна тканина і сухожилки діють як єдина функціональна система.

39.Що називають саркомером?

Саркомер – основна скорочувальна одиниця посмугованого м'яза. Він складається із товстих і тонких ниток, що перекривають одна одну. Волокна скелетного м'яза розглядають як серію розташованих в ряд саркомерів.



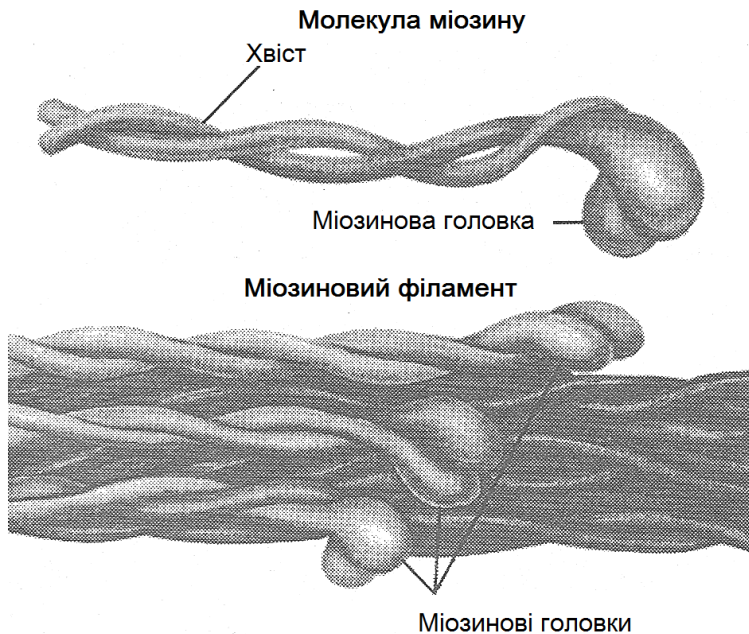
40. Які складові частини саркомера?

Окремий саркомер обмежений двома структурами – Z-пластинками, які слугують місцем прикріплення тонких ниток. Тонкі нитки прикріплюються до – Z-пластинок їх основною речовиною – L-актином. Диск I (ізотропний) – світла смуга, яка складається тільки із тонких філаментів, а диск А (анізотропний) – темна, включає зону перекриття тонких і товстих філаментів. Z-пластинки поділяють кожну смугу I навпіл і визначають межі окремих саркомерів. Зона H відповідає центральній ділянці товстого філаменту і утримує тільки хвости молекул міозину. Таким чином, у зоні H поперечний мостик не може утворюватися. Темна M-смуга в центрі саркомеру містить білки, що зв'язують товсті філаменти між собою, щоб зберегти їх положення в саркомері. Товсті і тонкі філаменти складаються із окремих білків. Головним компонентом товстих філаментів є міозин. Основні складові тонких філаментів – актин, тропоміозин і тропонін.

41. Що входить до складу товстих міофіламентів?

Товсті нитки складаються із молекул міозину. Вони розташовані таким чином, що їхні хвости обернені до центру нитки. Міозин являє собою важкий білок, що складається із шести поліпептидних ланцюгів, укладених попарно. Двоє із цих ланцюгів – це важкі ланцюги міозину, що містять L-спіралі та глобулярні головки. Глобулярна головка гідролізує АТФ у

присутності актину і взаємодіє із тонкими нитками, створюючи рушійну силу скорочення. Взаємодія товстих і тонких ниток відбувається завдяки виступам молекул міозину, витягнутим за напрямом до тонких ниток, і відома як поперечні мостики. Пари поперечних мостиків розташовуються з протилежних сторін товстої нитки. В молекулу міозину входять також два типи легких поліпептидних ланцюгів, пов'язаних з глобулярною головкою молекули. Вони обвивають шийку молекули нижче міозинової головки і слугують для закріплення шийної ділянки. Один із цих ланцюгів називається основним легким ланцюгом і має значення для АТФ-азної активності молекули. Інший називається регуляторним легким ланцюгом.



42. Из чого складаються поперечні мостики?

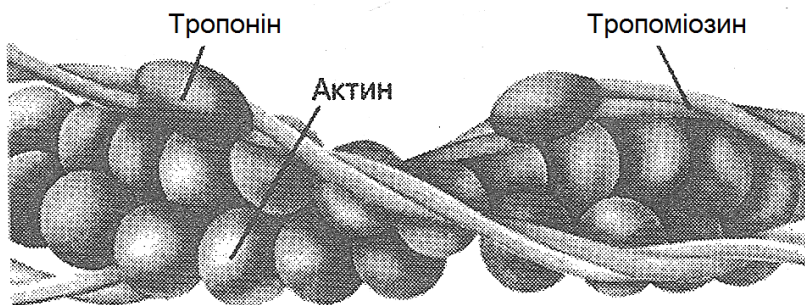
Поперечні мостики складаються із глобулярної головки молекули і ділянки L-спіралі. Спіральна частина молекули містить дві петлі. Одна з них розташовується поряд із товстою ниткою, а інша – біля глобулярної головки молекули міозину. Петля, що найближча до тіла товстої нитки, дозволяє поперечному мостику витягуватись за напрямком до активних ділянок тонкої нитки. Петля, яка розташована ближче до головки, забезпечує обертання головки для створення робочого ходу, який і викликає скорочення. Кут обертання складає 120° , що дає поперечним мостикам можливість дотягуватись до тонких ниток, розташованих з різних сторін від товстої нитки.

43. Из яких компонентів складаються тонкі нитки?

Опишіть їх.

Тонкі нитки утворені фібрилярним актином, тропоміозином і тропоніном. Зокрема, фібрилярний актин (F-актин) складається із двох витончених структур, що переплетені у подвійну спіраль, подібно двом ниткам намиста. F-актин налічує декілька окремих глобулярних мономерів актину (G-актин), які нагадують нитку намиста і вміщують активні ділянки зв'язування поперечних міозинових мостиків. Сила скорочення генерується внаслідок «гребкового» руху головок міозину. Тропоміозин – це фібрилярний білок довжиною 38-39 нм і молекулярною масою біля 50 кДа.

Тропонін являє собою глобулярний білок, що складається із трьох субодиниць: тропоніна С, який зв'язує йони Ca^{2+} ; тропоніна І, зв'язаного з тропоніном Т та актином; тропоніна Т, який прикріплюється до С-кінця тропоміозина і зв'язує тропонін І і тропонін С з тропоміозином. Молекули тропоніна зв'язуються з тропоміозином через інтервал, що відповідає кожному сьомому мономеру актина. Тропоміозин і зв'язані з ним молекули тропоніна розташовуються в кожному із двох жолобків подвійної спіралі, утвореної сплетеними молекулами F-актину.



44. Що називають сарколемою?

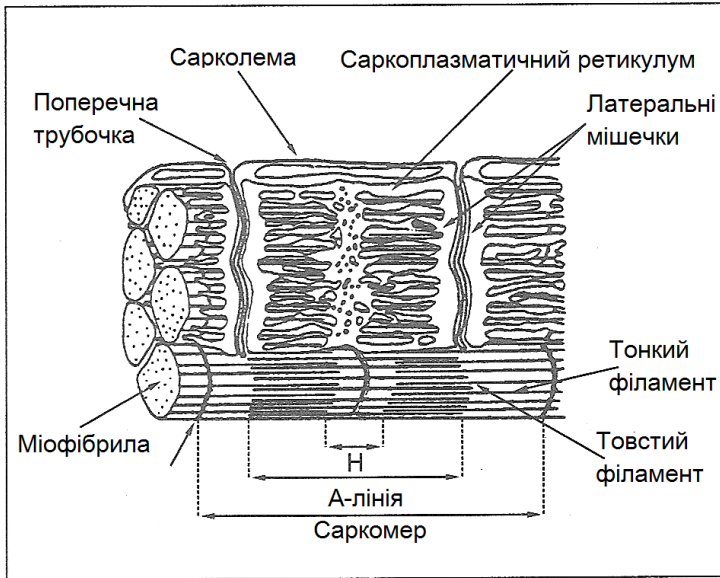
Клітинна мембрана, що знаходиться навколо м'язового волокна, називається сарколемою.

45. Які функції виконує сарколема?

Сарколема забезпечує активне (допомагає деяким речовинам долати мембрану) і пасивне (дозволяє деяким речовинам проходити крізь себе) транспортування.

46. Що таке Т-трубочки?

Інгагінації сарколеми, які формують зв'язуючу сітку, протягнуту по всій цитоплазмі м'язової клітини, називають Т-трубочками (поперечними трубочками).



47. Навіщо потрібні Т-трубочки?

Кожна Т-трубочка сполучається із позаклітинною рідиною і вміщує потенціалзалежні Na^+ -канали. Система Т-трубочок дає можливість потенціалам дії розповсюджуватись усередину м'язового волокна, що забезпечує швидке і узгоджене збудження м'язової клітини. Збудження системи Т-трубочок пов'язане із виходом Ca^{2+} із кінцевої цистерни саркоплазматичного ретикулуму, що забезпечує швидку і одночасну мобілізацію Ca^{2+} із внутрішніх депо клітини. Тим самим досягається зкоординоване скорочення всіх міофібрил.

Це має велике значення, тому що більший порівняно з площею поверхні об'єм клітини скелетного м'яза робить неможливою узгоджену активацію скорочувальних філаментів йонами Ca^{2+} , які надходять із позаклітинної рідини.

48. Що називають саркоплазматичним ретикуломом?

Саркоплазматичний ретикулум – це система поздовжніх трубочок м'язової клітини, в якій депонується Ca^{2+} , що надходить у клітину в процесі поєднання збудження і скорочення. Саркоплазматичний ретикулум не сполучається із позаклітинною рідиною.

49. Що називають кінцевою цистерною?

Кінцева цистерна – це мішкоподібні закінчення саркоплазматичного ретикулуму в посмугованих м'язах. У кінцевих цистернах йони Ca^{2+} зберігаються, а в ході збудження і скорочення виходять із них.

50. Що таке триада?

Структура, що утворена в посмугованих м'язах завдяки щільному приєднанню кінцевих цистерн до Т-трубочки, називається триадою. Триада відіграє важливу роль в процесі електромеханічного поєднання, під час якого потенціал, що проходить по Т-трубочці, викликає вивільнення із кінцевої цистерни кальцію.

51. Що являє собою саркоплазма?

Саркоплазма – це цитоплазма посмугованих м'язових волокон. Вона заповнює простір між міофібрилами і оточує ядра

клітин. Основною речовиною саркоплазми є матрикс, який складається із гліколітичних ферментів та інших глобулярних білків, зокрема, міоглобіну. До його складу входять також солі та поліфосфати, глікоген. У саркоплазмі розміщуються рібосоми, мітохондрії, а також утворена мембранами безперервна система бульбашок, трубочок і цистерн.

52. Що таке сухожилок?

Сухожилок – це щільна сполучна тканина скелетного м'яза. За допомогою сухожилків м'яз прикріплюється до кісток скелету.

53. Яку функцію виконують сухожилки?

Основна функція сухожилків пов'язана із передачею сили, утвореної м'язом, кісткам.

54. Що називають зв'язкою?

Сполучнотканинний утвір, що з'єднує між собою кістки, називається зв'язкою.

55. У чому полягає головна функція зв'язок?

Головна функція зв'язок – стабілізація суглоба у різних напрямках.

56. Із яких компонентів складається тканина сухожилків і зв'язок?

Сухожилки і зв'язки утворені із сполучної тканини, що складається із колагену, еластину, протеоглікани, води і фібробластів. Протеїнові колаген і еластин синтезуються

фібробласти. Приблизно 70-80 % маси сухожилка і зв'язки складає колаген – волокнистий білок, що характеризується значною механічною стійкістю. Протеоглікани і вода, з'єднуючись між собою, утворюють гель, в'язкість якого знижується з підвищенням рівня фізичної активності. У свою чергу, чим більш в'язкий гель, тим більший опір сухожилків і зв'язок розтягненню.

57. Чим зумовлена головна відмінність функціонування між сухожилками і зв'язками?

Головна відмінність між сухожилками і зв'язками полягає в розташуванні фібрил. У сухожилках вони розташовані поздовжно і паралельно, що забезпечує максимальний опір розтягуючому зусиллю. У зв'язці фібрили розташовуються паралельно, а також навскіс і спіралеподібно, що забезпечує опір силам, діючим у різних напрямках: розтягуючим, стискаючим і зміщувальним. Звідси, навіть дуже незначне поздовжностискаюче і зміщувальне зусилля може деформувати сухожилок.

58. На які групи поділяються нервові клітини?

Нервові клітини поділяються на нейрони та нейроглії.

59. Що відомо про нейроглії?

Нейроглії у дев'ять разів більше, ніж нейронів. Проте їх завдання у функціонуванні рухового апарату людини вивчено мало. Вважають, що вони забезпечують структурний і

метаболічний «ремонт» після фізичних ушкоджень, а також захищають нейрони. Наприклад, прямо або опосередковано нейроглії беруть участь у мієлінізації, фагоцитозі та метаболізмі. Зокрема, під час мієлінізації поверхнева мембрана гліальної клітини «обгортає» аксон, тобто відгалуження нейрона, що бере участь в передачі команд. Наслідком цієї мієлінізації є те, що команда, яка надходить від нейрона, йде значно швидше. Під час фагоцитозу гліальні клітини розмножуються навколо ушкоджених нейронів внаслідок отриманих травм або дегенеративних змін і перетворюються у великі макрофаги, які поглинають залишки органічних речовин. Внесок нейроглії у метаболізм полягає в диференціюванні йонів, нейромедіаторів та метаболітів, необхідних для нормального функціонування нейронів.

60. Що називають нейроном?

Нейрон – це клітина, що здатна сприймати подразнення, переходити в стан збудження, створювати нервові імпульси і передавати їх іншим клітинам.

61. Як нейрони здійснюють свою функцію?

Нейрони здійснюють свою функцію в три етапи:

- 1) прийом інформації;
- 2) оцінка інформації, яка надійшла, з метою визначення, чи необхідно передавати сигнал-відповідь;
- 3) передача сигналу-відповіді.

62. Яка будова нейрона?

Нейрон складається із чотирьох взаємопов'язаних ділянок:

- 1) дендритів;
- 2) соми (тіла);
- 3) аксона;
- 4) пресинаптичного закінчення.

63. Що таке сома або тіло нейрона?

Сома – це основна частина нервової клітини, що регулює активність нервового волокна. Сома містить ядро, рибосоми, ендоплазматичний ретикулум, апарат Гольджі, які необхідні для синтезу макромолекул.

64. Що таке дендрити і для чого вони слугують?

Дендрити – антенноподібні відгалуження, що відходять від тіла нейрона і збільшують площу його поверхні. Вони приймають сигнали, що надходять від інших нейронів, і передають їх до тіла клітини. Плазматична мембрана дендритів містить значну кількість рецепторів, які являють собою чутливі ділянки зв'язування хімічних медіаторів, що вивільняються сусідніми нейронами.

65. З чого складається і які функції виконує аксон?

Аксон – найбільший трубчастий відросток, що передає потенціали дії від тіла клітини. Він починається від аксонного горбика (винесена за межі частина тіла клітини) і закінчується нервовими розгалуженнями (нервові закінчення). Аксонний горбик – найбільш збудлива ділянка клітини, місце ініціації потенціалу дії. Закінчується аксон багаточисельними тонкими

розгалуженнями, які функціонально контактують із прилеглою поверхнею інших клітин. Отже, одна із функцій аксона – передача сигналу-відповіді у вигляді електричного явища, що називається потенціалом дії. З метою швидкої передачі потенціалу дії аксон оточений жировою ізоляційною оболонкою – мієліном.

66. Що таке синапс?

З'єднання між нервовими або нервовою і м'язовою клітинами, яке забезпечує передачу нервового імпульсу, називається синапсом.

67. З яких структурних утворень складається синапс, який забезпечує нервово-м'язову передачу?

Синапс складається із пресинаптичного закінчення, рухової кінцевої пластинки та щілини між ними шириною 1-2 мкм.

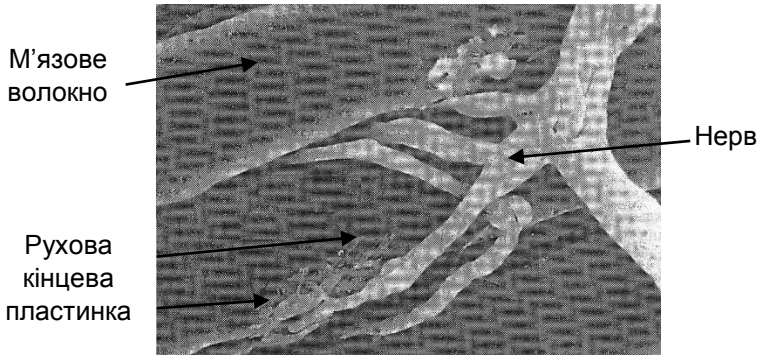
68. Які утвори містять у собі пресинаптичні закінчення?

Нервові закінчення містять везикули (синаптичні бульбашки), заповнені хімічними нейромедіаторами (ацетилхоліном), які випорожнюються в синаптичну щілину після надходження потенціалу дії в закінчення аксона.

69. Що таке рухова кінцева пластинка?

Спеціалізована ділянка мембрани м'язового волокна з ацетилхоліновими рецепторами, розташованими на верхівках складок навпроти пресинаптичного закінчення рухового

нейрона, є руховою кінцевою пластинкою. Нерво-м'язове з'єднання скелетного м'яза є збуджувальним синапсом, що переносить потенціал дії від рухового нейрона до м'яза. Передача імпульсу через синапс здійснюється хімічним медіатором ацетилхоліном.



70. Які функціональні класи нейронів, що беруть участь в активації рухового апарату, Вам відомі?

В активації рухового апарату людини важливу роль відіграють три функціональних класи нейронів: 1) аферентні; 2) еферентні; 3) проміжні.

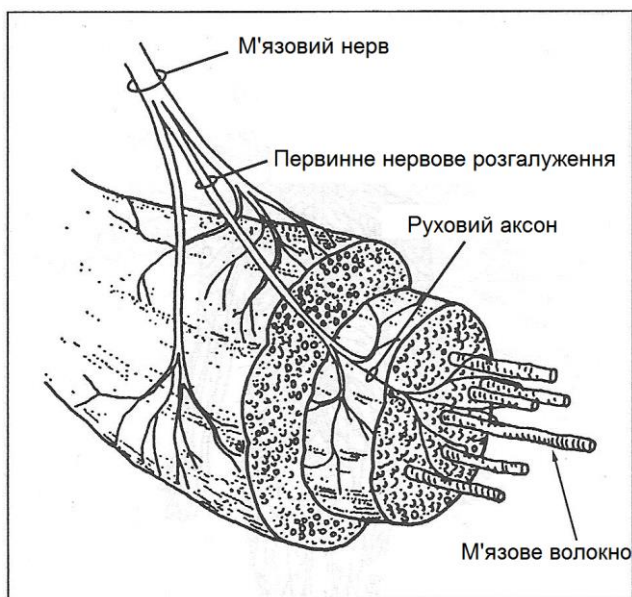
71. Яке завдання виконують аферентні нейрони?

Аферентні нейрони переносять сенсорну інформацію із оточуючого середовища до центральної нервової системи.

72. Чому потрібні еферентні нейрони?

Еферентні нейрони передають вихідний сигнал, тобто потенціал дії, із центральної нервової системи до органу, який здійснює відповідь – м'яза. Такі нейрони, які іннервують м'яз,

називаються руховими нейронами або мотонейронами. Їх соми знаходяться в головному мозку та в сірій речовині спинного мозку, а їх аксони виходять за межі мозку і з'єднуються в периферичні нерви, які йдуть до м'язів-мішеней. 43 пари нервів (12 черепних та 31 спинномозкових) в організмі людини виходять із центральної нервової системи і утворюють периферичну нервову систему. Рухові нейрони мають мієлінізовані аксони великого діаметру. Коли аксон підходить до м'яза, він спочатку розгалужується на первинні нервові відведення, а потім на більш мілкі до того моменту, поки окремі відведення не почнуть контактувати з окремими м'язовими волокнами. Місце з'єднання аксона і м'язового волокна називається синапсом або нервово-м'язовим з'єднанням.



73. Яку функцію виконують проміжні нейрони?

Проміжні нейрони складають 99 % усієї кількості нейронів. Вони модулюють взаємодію аферентного (вхідного) та еферентного (вихідного) сигналів, викликають збуджувальні та гальмівні реакції інших нейронів. Така модуляція, тобто збудження і гальмування, може відбуватися безпосередньо, коли проміжний нейрон утворює частини ланцюга між аферентним і еферентним нейронами, або опосередковано, завдяки впливу проміжного нейрона на зміну збудливості зв'язку між ними. Крім того, еферентний нейрон може приймати інформацію від інших структур центральної нервової системи, а проміжний нейрон здатний диференціювати цю взаємодію.

74. Яке завдання в активації рухового апарату людини виконують чуттєві нервові закінчення?

Головна функція чуттєвих нервових закінчень полягає у забезпеченні системи руху інформацією про її стан, а також про те, що відбувається в оточуючому середовищі. Цей тип надходження інформації від чуттєвих нервових закінчень до центральної нервової системи відомий також як зворотний зв'язок.

75. Чому для забезпечення рухової діяльності людини необхідний відповідний обсяг зворотного зв'язку?

Рухова діяльність людини вирізняється надзвичайною різноманітністю і багатством. Людина може виконувати

маніпуляційні рухи окремими частинами свого тіла з високою точністю, так і макрорухи, утягуючи в роботу переважну більшість м'язів і структур свого тіла. При цьому людське тіло як біологічна система характеризується повсякчасною зміною свого стану, що відображається й на рухових можливостях людини вже як біомеханічної системи. Крім того, під час рухової діяльності на тіло людини діють різні сили оточуючого середовища. Їх сумісна дія може як сприяти виконанню руху, так і перешкоджати йому. З огляду на це, з метою ефективного виконання рухових дій, особливо у сфері спорту, системі контролю руху необхідно отримувати великий обсяг зворотної інформації. Тому в організмі людини значно більше аферентних нейронів, що забезпечують зворотний зв'язок, ніж еферентних, які беруть участь в активації м'язів.

76. Які види чуттєвих нервових закінчень, що знаходяться в тілі людини, Вам відомі?

В тілі людини знаходиться велика кількість чуттєвих нервових закінчень, які класифікуються за різними ознаками. Зокрема, за місцем розташування вони бувають екстерорецепторами, пропріорецепторами та інтерорецепторами, за виконуваними функціями – механорецептори, терморецептори, фоторецептори, хеморецептори, ноцирецептори, та за морфологічною ознакою – вільні або інкапсульовані.

77. Які види чуттєвих нервових закінчень надають вирішальну інформацію для контролю руху?

Системі контролю руху необхідно в основному два типи інформації. Щоб управляти рухом, їй необхідно знати де в цей час знаходиться тіло і що відбувається в оточуючому середовищі. Цю інформацію надають пропріорецептори, які виявляють стимули, що створюються власною системою, та екстерорецептори, які виявляють зовнішні стимули.

78. Які чуттєві нервові закінчення відносяться до екстерорецепторів?

До екстерорецепторів відносяться слуховий та зоровий аналізатори, рецептори шкіри, які сприймають дотик, температуру, біль.

79. Які утвори складають пропріорецептори?

М'язові веретена, сухожилкові органи та суглобові рецептори характеризуються як пропріорецептори.

80. Дайте характеристику м'язовому веретену.

М'язове веретено – пропріорецептор, що знаходиться всередині м'яза. В різних м'язах знаходиться від 6 до 1300 м'язових веретен. Вони за формою подібні веретену і розташовуються паралельно до м'язових волокон. Цей утвір представляє собою комплект крихітних волокон (2-12) скелетного м'яза, які обгорнуті сполучною тканиною. Називаються такі волокна інтрафузальними. Волокна м'яза, що

знаходяться за межами м'язового веретена, мають назву екстрафузальні. Екстрафузальні волокна містять значно більшу кількість міофіламентів порівняно із інтрафузальними, тому утворюють у тридцять шість раз більше сили. М'язове веретено у вигляді потенціалів дії постачає аферентну інформацію до центральної нервової системи. Постачальниками аферентних сигналів виступають аферентні аксони, у першу чергу великого (аферент групи I) та середнього (аферент групи II) діаметру, а чим більший діаметр аксона, тим швидше проводиться потенціал дії. Кожне м'язове веретено має змінну кількість (від 8 до 25) аферентів груп I і II. Проте, не всі м'язові веретена мають аференти II групи, але всі мають аференти I групи. Інтрафузальні волокна м'язового веретена також приймають еферентний сигнал від рухових нейронів середнього (β -мотонейрони) та малого (γ -мотонейрони) розмірів. Ці мотонейрони контактують із інтрафузальними волокнами в їх полярних ділянках, які містять значну кількість міофіламентів. Коли потенціал дії, що виник в аксонному горбику β - або γ -мотонейрона, надійшов до м'язового веретена, то інтрафузальні волокна в полярних ділянках зменшують свою довжину. У той же час розтягуються екваторіальна ділянка обумовленого волокна та аференти м'язового веретена (групи I і II). Розтягнення викликає активацію аферентів внаслідок утворення потенціалів дії, які вже передаються до центральної нервової системи. Таким чином, м'язове веретено передає інформацію

про зміну довжини м'яза. Ця інформація має дві мети: по-перше, вона допомагає центральній нервовій системі визначити положення окремих частин тіла, їх орієнтацію, по-друге, сигналізує про вплив на рухову систему тіла умов зовнішнього середовища.

81. Що представляє собою сухожилковий орган?

Сухожилковий орган – більш чуттєве нервово закінчення, ніж м'язові веретена. Він складається лише із окремого аферентного з'єднання і немає еферентних з'єднань. Безпосередньо в сухожилку знаходиться всього декілька сухожилкових органів. Більшість із них розташовується навколо декількох екстрафузальних м'язових волокон, з'єднаних з апоневрозом. У свою чергу, апоневроз є сухожилковими оболонками, що простягаються вздовж та вглибину черевця м'яза. Чуттєве нервово закінчення аферентного нейрона знаходиться в капсулі, його відведення оточують декілька волокон колагена, що входять до складу апоневроза. В капсулі сухожилкового органу є біля десяти волокон скелетного м'яза, і що особливо, кожне м'язове волокно іннервується різними α -мотонейронами (рухові нейрони найбільшого розміру). Звідси, аферентний нейрон, який пов'язаний із сухожилковим органом, називається аферентом групи Ib. Під час розтягнення м'яза волокна колагена стискаються і збуджують аферент групи Ib. Рівень активації сухожилкового органу визначає ступінь сили тяги м'яза.

82. Які утвори відносяться до суглобових рецепторів?

Суглобовий рецептор не є окремою, чітко вираженою одиницею, тобто складається із декількох структур, які відрізняються місцерозташуванням, типом, виконуваними функціями. До суглобових рецепторів відносять: закінчення Руффіні, тільця Пачіні, закінчення Гольджі та вільні нервові закінчення.

83. Яка будова та виконувані функції суглобових рецепторів?

Закінчення Руффіні складаються із 2-6 кулеподібних тілець, які містяться в капсулі. Кожна капсула з'єднується з одним мієлінізованим аксоном діаметром 5-9 мкм. Одні закінчення Руффіні є статичними, інші динамічними механорецепторами і інформують систему контролю рухів про положення суглоба, кутову швидкість, внутрішньосуглобовий тиск. Тільця Пачіні інкапсульовані з аксоном діаметром 8-12 мкм. Ці рецептори мають низькі пороги механічного навантаження, тому виявляють прискорення суглоба. Закінчення Гольджі – тонко інкапсульовані веретеноподібні тільця, що нагадують сухожилкові органи. Аксон аферентного нейрона, який з'єднаний із закінченням Гольджі, має діаметр 13-17 мкм. Закінчення Гольджі характеризуються високими порогоми і контролюють напругу в зв'язках, особливо, коли рухи здійснюються з екстремальною амплітудою. Вільні нервові закінчення є ноцірецепторною системою суглоба. Вони мають

аксони невеликого діаметру від 0,5 до 5 мкм та активізуються під час аномального механічного впливу на суглоб або дії хімічних речовин.

Біомеханічна модель рухового апарату людини

1. З яких компонентів складається спрощена біомеханічна модель рухового апарату людини?

Спрощену біомеханічну модель рухового апарату людини уявляють, як частини тіла, що з'єднані між собою суглобами. У свою чергу, частини тіла, або їх ще називають ланками, утворюють біокінематичні пари і ланцюги. Це так звані пасивні органи руху, тому що самі по собі вони не рухаються. Саме керуюча дія м'язів забезпечує рух у суглобах. Тому м'язи виступають активними органами руху.

2. Що називають ланкою біомеханічної моделі рухового апарату людини?

Частину тіла, розташовану між двома сусідніми суглобами або між суглобом і дистальним кінцем, називають ланкою, наприклад, передпліччя або кисть.

3. Скільки ланок достатньо мати в моделі рухового апарату, щоб вирішити більшість практичних рухових завдань?

У тілі людини нараховується біля 70 ланок. Але для вирішення більшості практичних рухових завдань і їх опису

достатньо моделі рухового апарату, що включає 14 ланок, а саме: голова, тулуб, кисті, передпліччя, стегна, гомілки, ступні.

4. Що називають біокінематичною парою біомеханічної моделі рухового апарату людини?

Біокінематична пара – це рухоме з'єднання двох кісткових ланок, в якому можливості здійснення рухів визначаються його будовою та керуючим впливом м'язів. Прикладом пари може бути «передпліччя – плече».

5. Чому можливості здійснення рухів у біокінематичній парі визначаються їх будовою?

Кісткові ланки з'єднуються в біокінематичні пари за допомогою суглобів. У свою чергу, рухи в суглобах, а відповідно і в біокінематичних парах, залежать від форми суглобових поверхонь, які порівнюють із геометричними фігурами. Звідси суглоби бувають: кулясті (наприклад, кульшовий та плечовий), плоскі (акроміально-ключичний, зап'ястково-п'ястковий), еліпсоподібні (променево-зап'ястковий), сідлоподібні (грудинно-ключичний), циліндричні (дистальний променево-ліктьовий), блокоподібні (гомілково-стопний, ліктьовий). Відповідно форми суглобів розрізняють у них такі рухи:

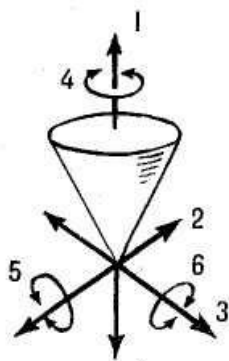
- 1) навколо фронтальної вісі – згинання і розгинання;
- 2) навколо вертикальної вісі – назовні (супінація), до середини (пронація);

3) навколо сагітальної вісі – відведення, приведення;

4) навколо названих трьох осей з послідовним переміщенням – колове обертання.

Можливості здійснення рухів у різних площинах поділяє суглоби на багатоосьові (наприклад, кульшовий, плечовий), двоосьові (променево-зап'ястковий) та одноосьові (ліктьовий).

6. Яке тіло називають вільним?



Якщо у фізичного тіла немає ніяких обмежень, то воно може рухатись в просторі в усіх трьох вимірах, тобто відносно трьох взаємноперпендикулярних осей (поступально), а також навколо них (обертальні рухи). Отже, у такого тіла є шість ступенів свободи і воно називається вільним тілом.

7. Як форма суглобів впливає на кількість ступенів свободи опорно-рухового апарату людини?

Кожний зв'язок зменшує кількість ступенів свободи. Коли фіксується хоча б одна точка вільного тіла, тобто утворюється біокінематична пара (з'єднання двох ланок тіла за допомогою суглоба), зразу зменшується його три ступені свободи, а саме, можливість лінійних переміщень вздовж трьох основних осей координат. Тому, в біокінематичних парах в основному можливі лише обертальні рухи і тільки одна пара (гомілково-стопний суглоб) має гвинтоподібний рух.

8. Скільки загалом ступенів свободи має опорно-руховий апарат людини?

Накладання зв'язків на вільне тіло зменшує кількість ступенів свободи. Майже в усіх суглобах (крім міжфалангових, променево-ліктьових, атлантиноосьових) ступенів свободи більше ніж один. Виходячи з цього, кількість ступенів свободи для всього опорно-рухового апарату людини складає 244. Зокрема, верхня та нижня кінцівки мають по 30 ступенів свободи.

9. Що називають «неповнозв'язним» та «повнозв'язним» механізмами?

Будова пасивного рухового апарату людини зумовлює невизначеність рухів, тому що самі по собі кістки не рухаються, хоча потенційно має 244 ступеня свободи, а звідси і величезну кількість можливих рухів. Цим і визначається «неповнозв'язний механізм». Для використання хоча б однієї із цих багатьох можливостей включають керуючу дію м'язів. Безумовно, що це накладає до існуючих обмежень додаткові зв'язки, залишаючи таким чином для конкретного руху необхідний ступінь свободи (коли декілька м'язів перетинають суглоб, одні з них, напружуючись, виконують статичну роботу, обмежуючи суглоб в «небажаних» рухах, інші, змінюючи свою довжину, забезпечують рух в суглобі навколо необхідної вісі). Так виникає «повнозв'язний механізм». Якраз керуючою дією м'язів

забезпечується одна-єдина можливість рухів – та, що вимагається.

10. Що таке біокінематичний ланцюг?

Біокінематичний ланцюг – це послідовне з'єднання декількох біокінематичних пар. Він може бути як замкнений, так і незамкнений, тобто розгалужений.

11. Охарактеризуйте замкнений біокінематичний ланцюг.

В замкнених біокінематичних ланцюгах немає вільної кінцевої ланки. Кожна ланка входить у дві пари, наприклад, ланцюг «гомілка-стегно-тулуб»: гомілка входить у дві біокінематичні пари стопа-гомілка, гомілка-стегно; стегно входить у дві пари гомілка-стегно, стегно-тулуб; тулуб входить у дві пари стегно-тулуб, тулуб-голова. У замкненому ланцюгу ізольовані рухи в одному суглобі неможливі – в рух неминуче одночасно залучаються і інші з'єднання.

12. У чому полягає особливість незамкненого біокінематичного ланцюга?

У незамкнених біокінематичних ланцюгах є вільна (кінцева) ланка, яка входить лише в одну пару. Прикладом незамкненого ланцюга може бути «кисть-передпліччя-плече». Тут вільна (кінцева) ланка входить лише в одну пару кисть-передпліччя, інші ланки – в дві пари, а саме, передпліччя входить у дві пари кисть-передпліччя, передпліччя-плече; плече входить у дві пари передпліччя-плече, плече-тулуб. У

незамкненому ланцюгу можливі ізолювані рухи в кожному окремо взятому суглобі. В рухових діях рухи в незамкнених ланцюгах відбуваються зазвичай одночасно в багатьох суглобах, але можливість ізолюваного руху не виключена. Незамкнений ланцюг може стати замкненим, якщо вільна (кінцева) ланка отримує зв'язок у вигляді, наприклад, опори, захвату з ланкою іншого ланцюга (безпосередньо або через будь-яке тіло, наприклад, спортивний снаряд).

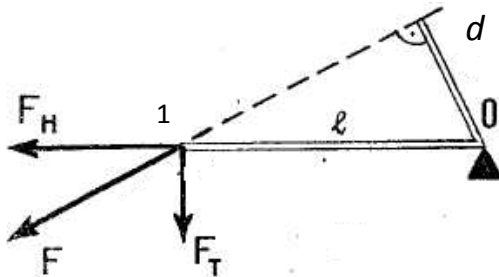
13. Що представляє собою кістковий важіль?

З механічної точки зору руховий апарат людини являє собою механізм, що складається із складної системи важелів, які приводяться в дію м'язами. Кісткові важелі – це ланки тіла (кістки скелету), що з'єднані між собою за допомогою суглобів, і під дією прикладених сил можуть або зберігати своє положення, або змінювати його.

14. Для чого слугує кістковий важіль?

Кістковий важіль слугує для передачі руху і сили на відстань.

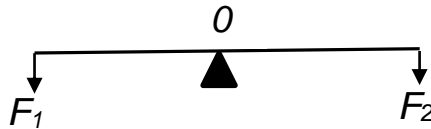
15. З яких компонентів складається кістковий важіль?



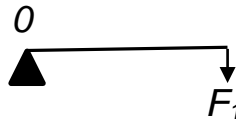
Кожний кістковий важіль має такі елементи: точку опори (0); точки прикладання сил (1); плечі важеля – відстань від точки опори до точок прикладання сил (l); плечі сил – перпендикуляр, проведений з точки опори на лінію дії сил (d).

16. Які види кісткових важелів Вам відомі?

Якщо зовнішні сили діють з обох боків від точки опори важеля, то він характеризується як двоплечовий або важіль першого роду:



У випадку дії зовнішніх сил з одного боку від точки опори важеля, він типізується як одноплечовий або важіль другого роду:



У руховому апараті людини різні м'язи, прикріплені в різних місцях кісткової ланки, можуть відноситись як до одноплечових, так і до двоплечових важелів. Наприклад, передпліччя, коли долається зовнішнє обтяження, відносно своїх м'язів-згиначів характеризується як одноплечовий важіль. У той же час, коли спостерігається робота з утримання зовнішнього обтяження над головою, передпліччя відносно м'язів-розгиначів вже виступає як двоплечовий важіль.

17. Що є мірою дії сили на важіль?

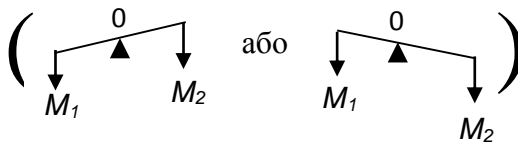
Мірою дії сили на важіль є її момент відносно точки опори, тобто добуток сили на її плече: $M_c = F \cdot d$ (Н·м); де M_c – момент сили; F – сила, що діє на важіль; d – плече сили.

18. Що називають моментом сили?

Момент сили – це міра обертальної дії сили на тіло (практично в усіх синовіальних суглобах рухового апарату людини здійснюються обертальні рухи).

19. Від чого залежить збереження положення або рух кісткового важеля?

Збереження положення і рух кісткового важеля залежить від співвідношення протилежно діючих моментів сил. Коли протилежні відносно вісі суглоба моменти сил рівні, ланка тіла зберігає своє положення або продовжує рух з попередньою швидкістю (моменти сил врівноважені). Але, коли моменти сил не врівноважені ($M_1 > M_2$ або $M_1 < M_2$), то спостерігається прискорення ланки



в бік дії більшого моменту сили.

20. Чому момент сили тяги м'язів під час рухової дії не залишається постійним?

Коли виконується рух, кут між напрямком дії сили і ланкою змінюється. При цьому плече кісткового важеля (l) як твердого тіла залишається незмінним, а плече сили (d)

змінюється, тому що під час динамічної роботи м'язи то напружуються, то розслаблюються. Звідси, змінюється і сама сила м'язової тяги. Тому момент сили тяги м'язів не залишається постійним. Усе це створює значні труднощі для керування рухами, але разом з тим зумовлює і великі можливості зміни руху.

21. На які складові розкладається сила, якщо вона діє на кістковий важель не під прямим кутом?

Коли на кістковий важель діє сила під кутом, відмінним від прямого, то її розкладають за правилом паралелограма на тангенціальну (F_m), тобто дотичну до траєкторії точок важеля, та нормальну (F_n), яка спрямована перпендикулярно до напрямку руху, а саме, вздовж важеля.

22. Які дії чинять на важель нормальна та тангенціальна сили?

Тангенціальна сила впливає на швидкість руху важеля, тому вона характеризується як обертальна. У свою чергу, нормальна сила прямого впливу на ланку немає. Однак, діючи вздовж важеля, вона притискає суглобові поверхні одна до одної, тим самим зміцнює суглоб. Тому у неї є ще одна назва – зміцнююча.

23. Що називають «золотим правилом» механіки в рухах людини?

З метою збереження положення ланки в суглобі необхідно, щоб відбувалася рівність моментів сил, які діють на важель.

Отже, «золоте правило» механіки в рухах людини, або запас рівності роботи, стверджує, що робота рушійної сили, яка намагається надати важелю обертального руху, дорівнює роботі сили опору, тобто відповідної величини сили тяги м'язів.

24. Як передається робота в межах простого важеля?

У простому важелі робота сили, яка прикладена в одній його точці, повністю передається на інші точки.

25. Як передається робота в системі декількох важелів, що входять в опорно-руховий апарат людини?

У систему важелів опорно-рухового апарату людини входять різні важелі, які мають, відповідно, різні плечі сил. Звідси, прикладена сила передається через систему важелів або з втратою в силі, але з виграшем в швидкості, або, навпаки, з виграшем в силі, проте з втратою в швидкості. В одноплечових важелях напрямок сили, що передається, змінюється, а в двоплечових – не змінюється. Сила тяги м'яза прикріплена до більш короткого плеча важеля і тому плече її сили невелике. Це пов'язано з тим, що в більшості випадків м'язи прикріплюються поблизу суглобів. Чим менший кут тяги, тим менше плече сили. Таким чином, у зв'язку з особливостями прикладання м'язових тяг до кісткових важелів, м'язи завжди дають виграш у швидкості, але у стільки ж разів програш в силі.

26. Як дія м'язів-антагоністів впливає на прояв м'язової сили?

Коли долається значне зовнішнє обтяження, напружуються всі м'язи, що перетинають конкретний суглоб. Зрозуміло, що м'язи-антагоністи створюють свій момент сил, спрямований у протилежний бік відносно виконуваної роботи. При цьому позитивної роботи вони не виконують, але енергію на напруження витрачають. Хоча спостерігається втрата сумарної сили м'язів, проте при значних навантаженнях суглоб зміцнюється, що також є позитивним явищем.

27. Охарактеризуйте ланку тіла людини як фізичний маятник.

Ланка тіла, яка продовжує після розгону рух за інерцією, має подібність з фізичним маятником. Маятник у полі сили тяжіння, виведений із рівноваги, спочатку під дією моменту сили тяжіння гойдається вниз, а потім, витрачаючи набуту кінетичну енергію, піднімається за інерцією вгору. Аналіз рухів ніг і рук людини як маятників здійснюють за формулою:

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{I}{mgr}}, \text{ де}$$

T – частота коливань ноги або руки ($\Gamma\text{ц}$); I – момент інерції маятника відносно вісі, яка проходить через точку підвісу ($I = \sum m_1 \cdot r_1^2, \text{ кг} \cdot \text{м}^2$); m – маса маятника (кг); g – прискорення тіла, яке вільно падає ($g=9,8 \text{ м} \cdot \text{с}^{-2}$); r – довжина маятника, що

дорівнює відстані від точки підвісу до центру мас ноги або руки (см).

Потрібно відзначити, що використання цієї формули закономірне, коли коливання незначні (не більше 5-7°). Під час руху зі значними відхиленнями, наприклад, бігу, частота коливань ніг залежить від їх амплітуди. Більш того, довжина «маятника» під час згинань і розгинань ноги змінюється, тому нога як маятник постійної власної частоти немає.

28. Від чого залежить прискорення ланки тіла людини як фізичного маятника?

Прискорення ланки тіла як фізичного маятника залежить від прикладеного моменту сили ($F \cdot d$) та моменту інерції маятника ($I = mR^2$):

$$\varepsilon = \frac{F \cdot d}{I}, \text{ де}$$

ε – прискорення ланки; R – радіус інерції.

Таким чином, щоб ланка набула більшого прискорення, необхідно збільшити або силу, або плече, або і те і інше, або зменшити радіус інерції.

29. Які механічні властивості м'язів Вам відомі?

Скелетний м'яз володіє наступними механічними властивостями:

- 1) міцністю ($F = 0,1 - 0,3 \text{ Н} \cdot \text{мм}^{-2}$);
- 2) нелінійною пружністю;

3) в'язкістю, тобто після припинення дії навантаження довжина м'яза не відразу повертається до вихідної величини; це так зване явище запізнення деформації;

4) повзучістю, коли довжина м'яза збільшується з часом, а напруга його постійна;

5) релаксацією, у випадку незмінної довжини м'яза і зменшенні його напруги.

30. Які біомеханічні показники характеризують діяльність м'язів?

Головними біомеханічними показниками, що характеризують діяльність скелетних м'язів, є:

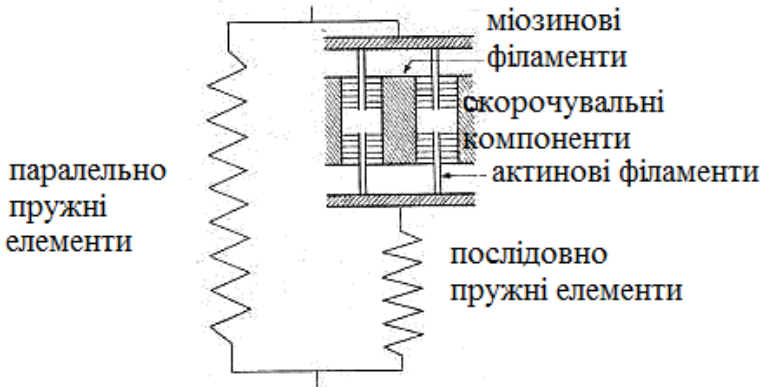
1) сила, яку реєструють на його кінцях (цю силу називають силою тяги м'яза);

2) швидкість зміни довжини м'яза.

31. Що називають спрощеною моделлю будови м'яза?

Механічні властивості м'язів надзвичайно складні і залежать від механічних якостей компонентів, які утворюють м'яз (м'язові волокна, сполучна тканина та ін.) і стану м'яза (збудження, стомлення тощо). Зрозуміти механічні властивості м'язів допомагає спрощена модель їх будови у вигляді комбінації паралельно пружних (сполучна тканина, яка слугує оболонкою м'язовим волокнам та їх пучків), послідовно пружних (сухожилки м'яза, місця переходу міофібрил у

сполучну тканину) та скорочувальних (ділянки саркомерів м'яза, де актинові та міозинові міофіламенти перекривають одне одного) елементів.



32. Поясніть залежність швидкості скорочення м'яза від його довжини.

Оскільки кожна міофібрила складається із великої кількості n послідовно розташованих саркомерів, то величина і швидкість зміни довжини міофібрили в n разів більша, ніж в одного саркомера.

33. Поясніть залежність сили тяги м'яза від його обсягу.

Сила, яку розвиває окремий саркомер, однакова і дорівнює силі тяги на кінці міофібрили. Ці ж самі n саркомерів, з'єднаних паралельно, що відповідає великій кількості міофібрил, дали б n -разове збільшення в силі, але при цьому швидкість зміни довжини м'яза була б тією ж, що і швидкість одного саркомера.

34. Яка залежність між величиною зовнішнього навантаження, що діє на м'яз, та збільшенням його довжини?

Між величиною зовнішнього навантаження, що діє на м'яз, та збільшенням його довжини існує непропорційна залежність. Це означає, що під дією навантаження м'яз розтягується достатньо легко, але потім навіть для незначного його подовження потрібно докладати усе більші зусилля.

35. Що відбувається з м'язом, якщо його розтягувати повторно через малі проміжки часу?

Коли м'яз розтягують повторно через малі проміжки часу, то він подовжується на більшу величину, ніж при одноразовому впливові. Цю властивість м'яза використовують в практиці розвитку гнучкості.

36. Яку довжину м'яза називають вільною?

Якщо м'яз звільнити від навантаження, він намагається набути певну довжину. Така довжина м'яза називається вільною. За такої довжини у м'язі відсутні пружні сили.

37. Чи дорівнюють вільній довжині м'язи, що знаходяться в стані спокою?

В організмі людини довжина м'яза завжди дещо більша вільної, тому навіть дуже розслаблені м'язи зберігають деякий натяг.

38. За яких умов у м'язі з'являються пружні сили?

Пружні сили з'являються у паралельних пружних компонентах м'яза, коли він розтягується більше своєї вільної довжини.

39. Чому, коли довжина м'яза більше вільної, сила тяги м'яза також зростає?

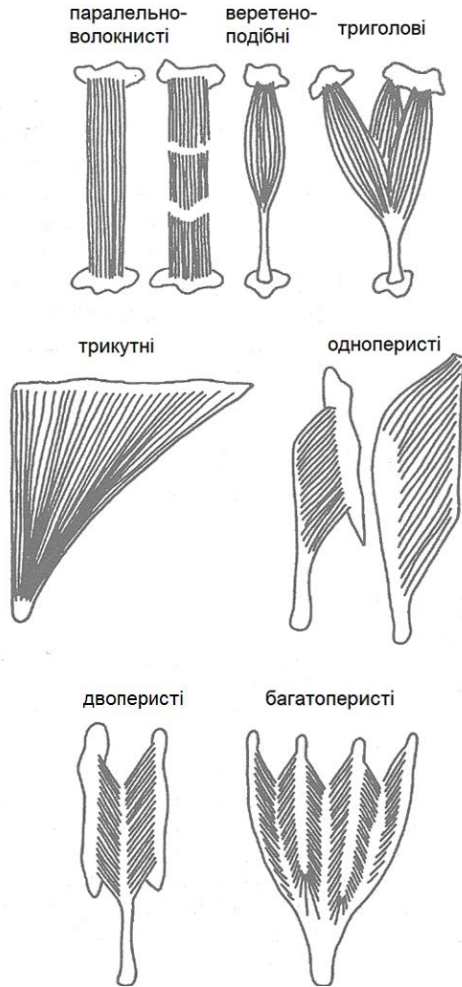
Якщо м'яз має вільну довжину, а потім скорочується, то до сили, яку проявляють скорочувальні білки м'язової тканини, додається сила пружної деформації паралельних компонентів, і сумарна сила тяги м'яза збільшується. Отже, коли довжина м'яза більше вільної, сила його тяги під час скорочення більша.

40. Чому антигравітаційні м'язи, у першу чергу м'язи нижніх кінцівок, володіють більшою силою тяги порівняно з іншими скелетними м'язами?

Антигравітаційні м'язи багаті на сполучну тканину, тому під час їх розтягнення швидше виникають пружні сили в паралельних компонентах. Цим забезпечується їх внесок у сумарну силу збудженого м'яза.

41. Які м'язи за формою та розташуванням м'язових волокон Вам відомі?

За формою та розташуванням м'язових волокон м'язи бувають: паралельноволокнисті, веретеноподібні, триголові, трикутні, одноперисті, двоперисті, багатоперисті.



42. Що називають кутом пенації?

В деяких м'язах спостерігається кутове відхилення між напрямком м'язових волокон, які прикріплені до оболонки внутрішньої м'язової сполучної тканини, та лінією натягування сухожилка. Отже, м'язові волокна розташовані не зовсім

послідовно з напрямком вектора сили дії м'яза. Кутове відхилення може коливатися від 0 до 0,4 рад. У результаті чого довжина волокна менша, ніж м'яза.

43. Які м'язи називають однопенатними, двопенатними та багатопенатними?

Однопенатними називають м'язи, волокна яких мають загальний кут пенації. Якщо у м'язах є два ряди волокон з різними кутами пенації, то вони називаються двопенатними, а якщо декілька рядів волокон з безліччю кутів – багатопенатними.

44. Чим характеризуються паралельноволокнисті та веретеноподібні м'язи?

Паралельноволокнисті та веретеноподібні м'язи характеризуються тим, що їх м'язові волокна мають нульовий кут пенації.

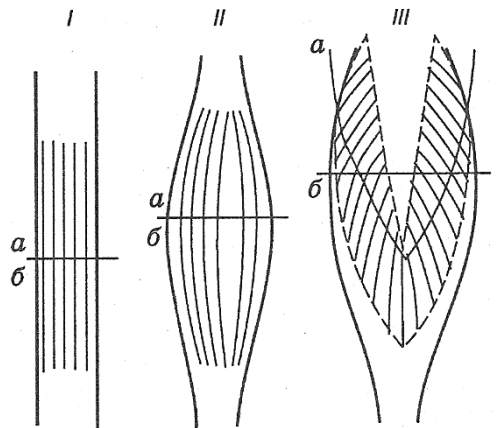
45. У чому полягає перевага пенатних м'язів порівняно із м'язами, де волокна розташовані паралельно?

Перевага пенатних м'язів полягає в тому, що велика кількість паралельно розташованих волокон може поміститись в обмеженому об'ємі м'яза. Наприклад, м'язи, що контролюють рухи пальців рук, знаходяться в кисті та передпліччі. М'язи, що розташовані в кисті – невеликі, а ті що в передпліччі – великі і сильні. Якщо б усі м'язи, що контролюють рухи пальців, знаходились в кисті, то вона була б громіздкою та незграбною і не могла б виконувати тонку маніпуляційну роботу.

46. Як явище пенації впливає на прояв сили м'язом?

Відомо, що величина сили м'яза залежить від площі його поперечного перетину, тобто чим більша площа, тим більша сила тяги м'яза. Вимірювання площі поперечного перетину передбачає вимірювання ділянки перетину, перпендикулярного до поздовжньої вісі кожного волокна м'яза. Отже, площу поперечного перетину пенатного м'яза не можна визначити простим вимірюванням тільки найбільш товстої його ділянки. Необхідно враховувати також кут пенації. Подібне вимірювання називається функціональною або фізіологічною площею перетину. У пенатного м'яза така площа більша порівняно із паралельноволокнистим та веретеноподібним м'язами. Таким чином, пенатні м'язи можуть проявляти більшу величину сили тяги без надмірного збільшення свого обсягу.

Розміщення м'язових волокон у різних м'язах:
 a – фізіологічний і
 b – анатомічний поперечники у паралельноволокнистому (I), веретеноподібному (II) і перистому (III) м'язах



47. Чи розташовуються усі м'язові волокна, що належать окремій руховій одиниці, по всій довжині м'яза?

М'язові волокна, що належать окремій руховій одиниці, як правило, не розташовуються по всій довжині м'яза. Це означає, що один кінець міофібрили закінчується всередині пучка, який об'єднує певну їх кількість. Такий кінець міофібрили зазвичай має довге конусоподібне закінчення, яке передає силу в ендомізій. Таким чином, сила, що утворюється в результаті активації однієї рухової одиниці, передається з одного кінця м'яза на інший не м'язовими волокнами, а цитоскелетними структурами та оболонками сполучної тканини.

48. Яку довжину м'яза називають довжиною спокою?

Довжину м'яза, при якій сила, утворювана контрактильними компонентами, максимальна, називають довжиною спокою.

49. При якій довжині м'яза в ньому можуть з'явитись пружні сили?

Якщо м'яз знаходиться в збудженому стані, і довжина його менша вільної, то прикладена до нього більша зовнішня сила, наприклад, під час постановки ноги на опору в бігові, розтягує м'яз. Отже, в ньому виникають пружні сили. У даному випадку довжина паралельного пружного компоненту не перевищує вільної довжини м'яза, тому основний внесок у виникнення пружних сил здійснюють послідовні пружні компоненти. Таким чином, наявність в структурі м'яза паралельних та послідовних

пружних компонентів дає можливість виникнення в ньому пружних сил за будь-якої його довжини.

50. Яка необхідна механічна умова, щоб м'яз утворив силу?

Величина зовнішнього обтяження спонукає м'яз до того, щоб він утворив силу.

51. Який режим роботи м'яза називається ізометричним?

Якщо сила тяги м'яза дорівнює величині зовнішнього обтяження, то довжина м'яза не змінюється. Такий режим роботи м'яза називається ізометричним.

52. Який режим роботи м'яза називається анізометричним?

Якщо сила тяги м'яза не дорівнює величині зовнішнього обтяження, то довжина м'яза змінюється. Такий режим роботи м'яза називається анізометричним.

53. Які анізометричні режими роботи м'яза Вам відомі?

Якщо сила тяги м'яза більша за величину зовнішнього обтяження, то м'яз свою довжину зменшує. Такий режим скорочення м'яза називається долаючим або концентричним. Прикладом такого режиму роботи може бути підняття штанги вгору. Коли м'яз проявляє меншу величину сили порівняно із зовнішнім обтяженням, то він розтягується, тобто подовжується. Такий режим роботи називається поступливим, або по іншому – ексцентричним, наприклад, опускання штанги згори вниз рухом на себе.

54. Чи зразу на кінцях м'яза реєструється сила, коли він «отримав завдання» її утворити?

За умови, коли м'яз «отримав завдання» утворити силу, вона не проявляється зразу на рівні цілісного м'яза. Спочатку сила тяги виникає в контрактильних компонентах м'яза (скоротливих білках). Потім контрактильні компоненти, що скоротились, розтягують послідовні компоненти (сухожилки). Тільки тоді, коли послідовні пружні компоненти достатньо змінили свою довжину, на кінцях м'яза фіксується сила, утворювана м'язом.

55. Що називають активним станом м'яза?

Стан м'яза, коли під час його скорочення змінюється стан контрактильних компонентів, називається активним.

56. Як змінюється величина сили, утворювана м'язом, коли під час активного його стану швидко розтягнути послідовний пружний компонент?

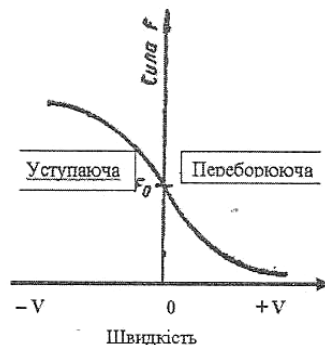
Якщо м'яз знаходиться в активному стані (змінюється стан контрактильних компонентів, але ще не реєструється сила на кінцях м'яза – так званий латентний період) і при цьому швидко розтягуються послідовні пружні компоненти, як це спостерігається під час відштовхування в бігу або стрибках, то на його кінцях реєструється більша величина сили тяги, ніж під час розтягнення м'яза, який характеризується довжиною спокою. Це явище відбувається тому, що швидке розтягнення послідовних пружних компонентів дозволяє проявитися більшій силі контрактильних компонентів м'яза.

57. Що відбувається з механічними характеристиками скорочення м'яза, коли величина зовнішнього опору зростає?

Якщо відбувається зростання величини зовнішнього навантаження, то спостерігаються наступні зміни механічних характеристик скорочення м'яза: 1) латентний період збільшується, що пов'язано з часом, за який необхідно розтягнути послідовний пружний компонент до рівня, при якому ізометрична сила тяги перевершить на кінцях м'яза величину зовнішнього опору; 2) величина зміни довжини м'яза зменшується, тобто спочатку довжина змінюється легко, а потім все більш важче; 3) швидкість скорочення знижується.

58. Яку залежність механічного стану м'яза описує рівняння Хілла?

Рівняння Хілла описує залежність між силою тяги (P) і швидкістю зміни довжини м'яза (v). Тут має місце обернено пропорційна залежність, що описується формулою: $(P+a) \cdot (v+b) = (P_0+a) \cdot b = const$, де P_0 – максимальна ізометрична сила; a , b і $const$ – константи.



59. Як впливає швидкість збільшення довжини м'яза на його силу тяги під час поступливого режиму роботи?

Під час поступливого режиму роботи сила тяги м'яза зростає із збільшенням швидкості його подовження.

60. Який режим роботи м'яза називається реверсивним?

Режим скорочення м'яза, коли відбувається зміна напрямку руху і з переходом від поступливого режиму до долаючого, називається реверсивним. При цьому у розтягнутому м'язі спостерігається накопичення потенціальної енергії пружної деформації, яка потім з переходом від поступливого режиму до долаючого перетворюється в кінетичну енергію рухомої ланки тіла.

61. Чому однакова величина нервового імпульсу може викликати різний механічний ефект роботи м'яза?

Сила тяги м'яза, коли він стимулюється однією і тією ж величиною нервового імпульсу, залежить від механічного стану м'яза в даний момент, а саме, його довжини, швидкості зміни довжини та часу від моменту початку стимуляції.

62. Що розуміють під механічною роботою?

Явище механічної роботи спостерігається тоді, коли на тіло діє сила, і це тіло під дією прикладеної сили змінює своє положення. Визначають механічну роботу за допомогою

формули: $A=F \cdot l$, де A – механічна робота; F – сила, що діє на тіло; l – шлях, який пройшло тіло в напрямку цієї сили.

63. За яких умов м'яз буде виконувати механічну роботу?

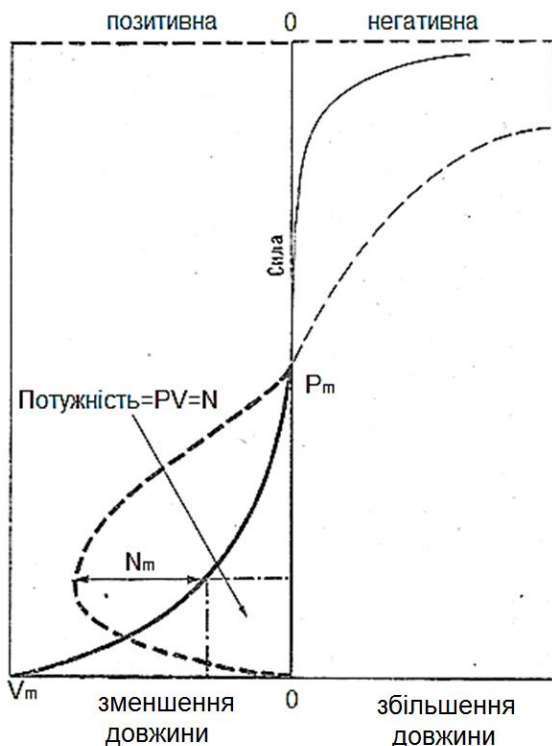
М'яз буде виконувати механічну роботу у випадку анізометричного скорочення.

64. Чому м'яз не виконує механічну роботу, коли скорочується ізометрично?

Скорочуючись ізометрично, м'яз виконує статичну роботу, тобто опорні тяги м'яза забезпечують збереження положення ланок тіла або їх зв'язок з опорою без переміщення зовнішнього тіла. Коли ж не відбувається зміни положення у просторі зовнішнього тіла, то м'яз не виконує механічну роботу.

65. Чому дорівнює потужність виконуваної м'язом роботи, коли він скорочується анізометрично?

Коли м'яз скорочується анізометрично і виконує механічну роботу, то потужність цієї роботи вираховують добутком утворюваної сили на швидкість зміни довжини м'яза. Тому величини потужності розраховуються за допомогою кривої, що виражає залежність «сила – швидкість». Для кожного значення цієї кривої потужність роботи дорівнює площі прямокутника, одна з вершин якого знаходиться на кривій, а інша – на початку системи координат.



66. Якій величині дорівнює максимальна потужність виконуваної м'язом роботи?

Максимальне значення потужності виконуваної м'язом роботи визначається при оптимальних величинах його сили тяги та швидкості скорочення, що дорівнює приблизно $1/3$ від їх максимальних величин. Отже, максимальна потужність становить приблизно $1/10$ ($1/3 \cdot 1/3 = 1/9 \approx 1/10$) тієї величини, яка могла б бути досягнута, якщо б в одному й тому ж скороченні м'яз міг проявити одночасно і максимальну силу, і максимальну швидкість.

67. Що характеризує питоме напруження м'яза?

Питоме напруження м'яза характеризує здатність м'яза генерувати зусилля. Воно не залежить від його розміру, тому що є константою, яка становить $30 \text{ Н}\cdot\text{см}^{-2}$.

68. Як непрямим методом визначають максимальну величину сили, яку потенційно може розвинути м'яз?

З метою оцінки максимальної величини сили, яку потенційно може розвинути скелетний м'яз, використовують наступну формулу: $F_m = 30 \text{ Н}\cdot\text{см}^{-2} \cdot \text{площа поперечного перетину м'яза}$, де F_m – сила тяги м'яза ; $30 \text{ Н}\cdot\text{см}^{-2}$ – константа питомого напруження м'яза.

69. Які прямі методи визначення величини м'язової сили Вам відомі?

Величину м'язової сили можна визначити за допомогою прямих методів. Зокрема, до них відноситься тензометрія із застосуванням тензометра, який прикріплюється до сухожилка. Іншим методом може бути електроміографія, а також вимір внутрішньом'язового тиску.

70. Як використовується енергія під час анізометричного скорочення м'яза?

Під час анізометричного режиму скорочення м'яза витрачається енергія, одна частина якої йде на виконання механічної роботи, а інша – переходить у теплову та розсіюється.

71. Що називають коефіцієнтом корисної дії м'яза?

Відношення виконаної роботи до загальних витрат енергії відоме як коефіцієнт корисної дії м'яза. Він залежить від швидкості скорочення м'яза. Його значення максимальне при швидкості, яка становить близько 20% від максимальної.

72. Які перетворення відбуваються з енергією, коли м'яз скорочується в ізометричному режимі?

Якщо м'яз скорочується в ізометричному режимі, то механічна робота дорівнює нулю, і вся енергія, що утворилася в результаті хімічних реакцій, перетворюється в тепло і втрачається.

73. Чим визначаються різновиди роботи м'язів?

Різновиди роботи м'язів визначаються поєднанням змін їх сили тяги та довжини.

74. Які Ви знаєте різновиди роботи м'язів?

Робота м'язів пов'язана із зміною їх довжини, а саме, зменшенням, подовженням та незмінністю довжини. У кожному із цих випадків існує по три варіанти зміни сили тяги, тобто збільшення, зменшення або збереження її постійною:

Сила тяги м'язів	Довжина м'яза		
	Зменшується	Постійна	Збільшується
Збільшується	1. Рух до «відмови»	4. Посилення фіксації	7. Гальмування до зупинки
Постійна	2. Ізотонічне подолання	5. Постійна фіксація	8. Ізотонічна поступливість
Зменшується	3. Розгін до максимальної швидкості	6. Послаблення фіксації	9. Пригальмовування з поступливістю
Вид роботи	Долаючий	Статичний	Поступливий

Потрібно відзначити, що ізотонічний режим роботи м'язів під час здійснення рухів (ізотонічне подолання та ізотонічна поступливість) в практиці не зустрічається, оскільки в реальних рухових діях завжди спостерігаються зміни тяги м'язів. Такий режим роботи можна створити тільки штучно, тобто в лабораторних умовах.

75. Як змінюється сила тяги м'язів під час виконання рухових дій?

Під час виконання практично будь-яких рухових дій має місце постійна фіксація окремих частин тіла. Проте можуть бути випадки, коли фіксацію необхідно посилювати або послаблювати, що відповідним чином відображається і на силі тяги м'язів. Крім того, початок кожного руху супроводжується розгоном у вигляді збільшення його швидкості, але зменшенням сили, утвореної м'язом. Потім унаслідок гальмівної роботи м'язів за допомогою збільшення їх сили тяги відбувається припинення руху.

76. Що таке робочі тяги м'язів?

Коли м'язи змінюють свою довжину, тобто зменшуються під час долаючої роботи або подовжуються, виконуючи поступливу роботу, то вони змінюють положення ланок тіла, унаслідок чого відбуваються активні рухи. У ці моменти руху м'язи створюють робочі тяги.

77. Що є причиною виникнення опорних тяг м'язів?

Умовою виконання рухів з опорою або без опори (політ під час стрибків, бігу тощо) є потреба створення опори для працюючих м'язів. Ланки тіла, що контактують з опорою, зберігають своє положення і зв'язок з нею завдяки опорним тягам м'язів. Така статична робота фіксує суглоби опорних ланок. Крім того, необхідно фіксувати ланки тіла, що створюють опору для м'язів, які виконують динамічну роботу. Це створює своєрідний фундамент для ланок, що рухаються одна відносно іншої, а також відносно опорних ланок.

78. Який взаємозв'язок між величинами, що характеризують робочі та опорні тяги м'язів?

Між величинами робочих та опорних тяг м'язів існує прямий лінійний зв'язок. Тобто, під час рухів, що вимагають, наприклад, значних робочих тяг, зазвичай бувають значними й опорні тяги.

79. Що відбувається з опорними тягами м'язів, коли під час роботи накопичується втома?

Якщо робота продовжується на фоні втоми, то часто статичні опорні тяги замінюються так званими «опорними» динамічними тягами. У цьому випадку опорні ланки тіла не залишаються абсолютно нерухомими. Вони рухаються, але з незначною амплітудою, наприклад, коливання хребта під час ходьби.

80. Яке явище називають м'язовою синергією?

М'язи, які оточують синовіальний суглоб, можуть діяти як одна функціональна група. Ті з них, які характеризуються узгодженістю своїх тяг перемінної дії і, таким чином, управляють декількома ланками тіла, називаються синергістами. Особливо яскраво синергія проявляється, коли зростає величина зовнішнього навантаження або під час руху накопичується втома.

81. Яке завдання в управлінні рухами виконують м'язи-синергісти?

Узгоджена тяга м'язів-синергістів дозволяє ланкам тіла рухатись в одному напрямку. З одного боку, м'язи під час руху змінюють свою дію, отже їх дія перемінна. З іншого боку, в складних сталих рухах узгоджена дія м'язів настільки стабільна, що вони представляють собою постійні стійкі об'єднання. Цим забезпечується управління як окремою ланкою тіла, так і руховою системою в цілому залежно від того, яке рухове завдання виконується.

82. Що таке м'язи-антагоністи?

Функціональна група м'язів певного суглоба, які виконують протилежну дію, називаються м'язами-антагоністами.

83. Яке завдання в управлінні рухами виконують м'язи-антагоністи?

Під час руху м'язи-антагоністи виконують поступливу роботу. Розтягуючись, вони гальмують рух. Якщо дія їх сили тяги є рівною дії синергістів, то у випадку завершення руху вони стають м'язами-фіксаторами положення тієї ланки, до якої прикладені їх тяги. М'язи-антагоністи забезпечують високу точність рухових дій та запобігають травматизму.

84. Які м'язи називають агоністами?

М'язи, що діють в одному напрямку, називають агоністами.

85. Чому явище синергізму та антагонізму в роботі м'язів є поняттям відносним?

Потрібно відзначити, що м'язи-синергісти та м'язи-антагоністи не є анатомічними назвами м'язів. Явище синергії та антагонізму може виникати в одних і тих самих м'язах залежно від спрямування руху. Наприклад, згинання рук в упорі лежачи забезпечують двоголовий м'яз плеча та плечопроменевий м'яз. Вони в даному випадку можуть діяти як м'язи-синергісти, допомагаючи один одному виконувати завдання. М'язом-антагоністом у цей час виступає триголовий м'яз плеча. Коли ж відбувається протилежний рух, тобто розгинання рук, м'язом, що виконує основне завдання, вже є триголовий м'яз плеча, а його антагоністами виступають згиначі – двоголовий м'яз та плечопроменевий. Крім того, сумісна тяга

синергістів та їх антагоністів забезпечують виконання рухового завдання, що певною мірою може розглядатись також як синергізм цих протилежно діючих м'язів.

86. Який напрямок тяги мають відносно один одного м'язи-синергісти та м'язи-антагоністи?

М'язи-синергісти, так само як і м'язи-антагоністи, зазвичай мають напрямок тяги під кутом відносно один одного.

87. Що називають рушійною тягою м'язів?

Оскільки м'язи-синергісти мають напрямок тяги під кутом відносно один одного, то їх рівнодійна сила називається рушійною силою тяги.

88. Що називають гальмівною тягою м'язів?

Через те, що м'язи-антагоністи мають напрямок тяги під кутом відносно один одного, то їх рівнодійна сила називається гальмівною силою тяги.

89. Що таке прискорююча тяга?

Результат взаємодії рушійної сили та гальмівної визначає прискорюючу силу тяги м'язів. Вона зумовлює величину швидкості руху ланки тіла.

90. Чим спрямовуюча тяга відмінна від прискорюючої сили тяги м'язів?

Якщо сили тяги спрямовані перпендикулярно до напрямку руху, то їх рівнодійна характеризується як спрямовуюча тяга м'язів. Вона визначає напрямок швидкості руху ланки тіла.

91. Чи активні під час руху всі функціональні групи м'язів?

Під час здійснення руху всі функціональні групи м'язів, що перетинають суглоб, знаходяться в активному стані. Вони, залежно від рухового завдання, змінюють свої рушійні, гальмівні та спрямовуючі сили тяги. Цим відбувається управління рухами.

92. Доведіть вплив пружних та інерційних сил, що виникають в опорно-руховому апараті людини під час коливальних рухів різної частоти, на узгодженість тяги м'язів-синергістів та антагоністів.

Під час руху пружні та інерційні сили впливають на узгодженість тяг м'язів-синергістів та антагоністів. Зокрема, у повільних рухах робота м'язів протилежної тяги чергується, тобто ті ж самі м'язи, залежно від спрямування руху, за чергою функціонують як синергісти, так і антагоністи. У разі зростання швидкості коливального руху активність м'язів зміщується в часі і поступово все більше співпадає. З досягненням максимальної швидкості структура руху може бути порушена і виконання рухового завдання стає неможливим.

93. У чому полягає одне із головних завдань під час оволодіння рухами?

Під час навчання руховим діям практично неможливе точне утворення величини сили тяги кожного м'яза, швидке зростання або зменшення тяги, чіткий час «включення» і «виключення» м'язів. Тому майже завжди виникають

неузгодженості між рушійною, гальмівною та спрямовуючою тягами м'язів. Таке явище є однією із головних внутрішніх перешкод в управлінні рухами. Навчитися долати ці неузгодженості тяг м'язів є непростим, але необхідним завданням.

94. Поясніть явище «запізнення механічного ефекту».

Якщо до абсолютно твердого тіла прикласти силу, то в цей самий момент усі його частинки, а значить і тіло у цілому, набудуть прискорення. В системі ж тіл, якою є опорно-руховий апарат людини, механічний ефект передається всім її частинам протягом певного часу. І таке явище набуло назви «запізнення механічного ефекту». Воно зумовлене пружністю, особливістю розташування ланок тіла в суглобах, прикладеними силами тощо. Усі ці фактори є непостійними, вони можуть змінюватись у досить широких межах і за найкоротший час. Звідси величини загального запізнення механічного ефекту (сума часу запізнень почергової активації частин системи) неможна передбачити завчасно і точно.

95. Скільки необхідно м'язів, які перетинають суглоб, щоб у ньому відбувався рух?

Оскільки м'яз може змінювати свою довжину односпрямовано, то з метою контролю кожного ступеню свободи, наприклад, згинання-розгинання рук, повинно бути не менше однієї пари м'язів (агоніст та антагоніст), що

перетинають суглоб. Зазвичай в одному напрямку діють декілька м'язів.

96. За рахунок чого нервова система може варіювати збудження м'язів-синергістів?

Хоча кожний м'яз, що перетинає конкретний суглоб, і здійснює свій внесок до обертального моменту сукупності м'язів, проте величина внеску у них різна. Це пов'язано з тим, що м'язи мають відмінності у довжині волокон, площі поперечного перетину, точках прикріплення до кісток. Поєднання даних характеристик впливає на діапазон руху, швидкість скорочення, утворення максимального зусилля м'язів. Отже, вони мають різні можливості. Такі відмінності в структурі м'язів і пов'язаних з ними функціях нервова система, як орган управління, використовує для можливості варіювання збудження м'язів-синергістів залежно від особливостей рухового завдання.

97. Які м'язи називають одно- та двосуглобовими?

М'язи, які перетинають один суглоб, називаються односуглобовими, а два суглоба – двосуглобовими.

98. У чому полягає перевага в управлінні рухами двосуглобових м'язів над односуглобовими?

Двосуглобові м'язи в управлінні рухами мають перевагу над односуглобовими. По-перше, двосуглобові м'язи зв'язують

між собою рух двох суглобів, які вони перетинають. Наприклад, двоголовий м'яз плеча перетинає ліктьовий і плечовий суглоби. Таким чином, він може управляти згинанням як ліктя, так і плеча одночасно. Крім того, припускають, що односуглобові м'язи створюють необхідну енергію, наприклад, для стрибка у висоту, в той час як двосуглобові покращують координацію руху. По-друге, швидкість скорочення двосуглобового м'яза є меншою порівняно з його односуглобовими м'язами-синергістами. Перевага меншої швидкості скорочення двосуглобових м'язів заключається в тому, що у них більше можливостей розвинути значну силу тяги, ніж в односуглобових. По-третє, двосуглобові м'язи можуть перерозподіляти обертальний момент м'язів і енергію суглобів уздовж кінцівки.

РОЗДІЛ 3. БІОМЕХАНІКА РУХІВ ЛЮДИНИ

Геометрія мас тіла людини

1. Що таке геометрія мас тіла людини?

Геометрією мас називають розподіл мас між ланками тіла і всередині ланки.

2. Якими показниками характеризується геометрія мас тіла людини?

Геометрія мас тіла людини характеризується наступними показниками:

- 1) вага або маса окремих ланок тіла;
- 2) положення центрів мас окремих ланок;
- 3) положення загального центру мас тіла ;
- 4) моменти інерції тіла.

3. Чи залежить вага окремих ланок тіла від ваги тіла в цілому?

Вага окремих ланок тіла залежить від ваги тіла в цілому.

4. Як визначають вагу окремих ланок тіла?

Щоб визначити вагу окремих ланок тіла, використовують коефіцієнти рівнянь множинної регресії:

Коефіцієнти рівнянь множинної регресії для визначення ваги ланок тіла за його довжиною та вагою
(В. М. Зациорский, В. Н. Селуянов)

Ланка тіла	B_0	B_1	B_2	R	σ
Стопа	-0,829	0,0077	0,0073	0,702	0,101
Гомілка	-1,592	0,03616	0,0121	0,872	0,219
Стегно	-2,649	0,1463	0,0137	0,891	0,721
Кисть	-0,1165	0,0036	0,00175	0,516	0,0629
Передпліччя	0,3185	0,01445	-0,00114	0,786	0,101
Плече	0,250	0,03012	-0,0027	0,834	0,178
Голова	1,296	0,0171	0,0143	0,591	0,322
Верхня частина тулуба	8,2144	0,1862	-0,0584	0,798	1,142
Середня частина тулуба	7,181	0,2234	-0,0663	0,828	1,238
Нижня частина тулуба	-7,498	0,0976	0,0490	0,743	1,020

Примітки: R – множинний коефіцієнт кореляції ; σ – стандартна похибка рівняння регресії.

Отже, для визначення ваги окремих ланок тіла послуговуються рівнянням множинної регресії: $Y = B_0 + B_1 \cdot x_1 + B_2 \cdot x_2$, де x_1 – вага тіла; x_2 – довжина тіла. Наприклад, людина важить 75 кг і має довжину тіла 182 см. Звідси вага стегна буде становити: $-2,649 + 0,1463 \cdot 75 + 0,0137 \cdot 182 = 10,82$ кг.

5. Чому дорівнює відносна вага окремих ланок тіла?

Відомо, що ланки тіла відрізняються одна від одної за формою, будовою та масою. Тому, звичайно, вони мають і різну масу відносно ваги усього тіла. Якщо умовно масу всього тіла прийняти за 100 %, то маса кисті складає 1 % від маси тіла, маса

передпліччя – 2 %, плеча – 3 %, голови – 7 %, стопи – 2 %, гомілки – 5 %, стегна – 12 %, тулуба – 43 %. Зрозуміло, що ці показники не є точними вимірами, а використовуються лише як приблизні оціночні судження.

6. Де розташовані центри мас окремих ланок тіла?

Центри мас окремих ланок тіла розташовані на поздовжніх вісях, які з'єднують центри суглобів:

Розташування центрів мас окремих ланок тіла

№ з/п	Ланки тіла	Розташування центрів мас окремих ланок тіла
1	Голова	Над верхнім краєм зовнішнього слухового отвору
2	Тулуб	На лінії між серединами осей плечового і кульшового суглобів на відстані 0,44 від плечової осі
3	Плеche	На відстані 0,47 від плечового суглоба
4	Передпліччя	На відстані 0,42 від ліктьового суглоба
5	Кисть	П'ястно-фаланговий суглоб третього пальця
6	Стегно	На відстані 0,44 від кульшового суглоба
7	Гомілка	На відстані 0,42 від колінного суглоба
8	Стопа	На лінії між п'яточним бугром і другим пальцем на відстані 0,44 від п'ятки

Примітки: для позначення центрів мас використовують кінограму або промір руху.

Наприклад, довжина стегна на промірі руху становить 30 мм. Цю величину потрібно помножити на табличний коефіцієнт 0,44. В результаті алгебраїчної дії отримаємо відрізок 13,2 мм, який відкладаємо від кульшового суглоба.

7. З якою метою визначають розташування загального центру мас тіла людини?

Визначення положення загального центру мас тіла людини дає можливість розмірковувати про раціональність рухів, здійснюваних людиною, а також аналізувати стійкість рівноваги тіла.

8. Що називають загальним центром мас тіла людини?

Загальний центр мас – це уявна точка прикладання рівнодіючої всіх сил тяжіння ланок тіла людини (алгебраїчна сума всіх сил тяжіння дорівнює нулю).

9. Які методи визначення координат загального центру мас тіла людини Вам відомі?

В біомеханіці для визначення координат загального центру мас тіла людини використовують експериментальні та розрахункові методи.

10. У чому полягає сутність визначення положення загального центру мас тіла людини експериментальним методом?

Сутністю визначення положення загального центру мас тіла експериментальним методом є зважування людини в необхідній позі на спеціальній платформі (стабілоплатформа), що має три точки опори. На цій платформі розміщені тензодатчики, що реєструють найменші зміни координат центру мас на площину опори, які відображаються на стабілограмі.

11. Що лежить в основі визначення положення загального центру мас розрахунковим методом?

Розрахунковий метод визначення положення загального центру мас ґрунтується на використанні статистичних даних про геометрію мас тіла людини (положення та вагу окремих ланок тіла, положення центрів мас окремих ланок тіла). При цьому застосовують спосіб складання моментів сил ваги за теоремою Варіньйона.

12. Який зміст теореми Варіньйона?

Зміст теореми Варіньйона говорить, що момент рівнодіючої сили відносно початку системи відліку дорівнює алгебраїчній сумі моментів складових сил відносно цієї ж системи відліку:

$$x_c = \frac{\sum_{i=1}^n P_i \cdot x_{ci}}{P}; y_c = \frac{\sum_{i=1}^n P_i \cdot y_{ci}}{P}.$$

13. Чи змінює центр мас твердого тіла своє положення під час руху?

Центр мас твердого тіла є конкретною фіксованою точкою, яка не змінює свого положення під час виконання будь-якого руху. Наприклад, центр мас плечової ланки залишається фіксованою точкою на поздовжній вісі цієї ланки, яка б фізична вправа не виконувалась.

14. Чи змінює центр мас системи тіл своє положення під час виконання певних рухів?

Центр мас системи тіл, якою є людське тіло (тверді ланки з'єднані між собою суглобами), може змінювати своє положення, якщо змінюються відстані між точками цієї системи.

15. Де розташований загальний центр мас тіла людини залежно від її статі і віку?

У чоловіків в положенні основної стійки загальний центр мас знаходиться на рівні другого крижового хребця на 5 см позаду від осі, що сполучає центри кульшових суглобів. У жінок він розташований у середньому на 1-2 % нижче, ніж у чоловіків, а в дітей дошкільного віку він суттєво вище, ніж у дорослих.

16. Як заняття певними видами спорту впливають на розташування загального центру мас в тілі спортсменів?

Залежно від особливостей занять видами спорту загальний центр мас тіла спортсменів може змінювати своє положення, порівняно із людьми, які спортом не займаються. Так, у ковзанярів, футболістів, спринтерів у зв'язку із розвитком мускулатури нижніх кінцівок загальний центр мас їх тіла розташовується нижче, ніж у, наприклад, гімнастів, у яких краще розвинені м'язи верхнього плечового поясу.

17. Чи може загальний центр мас виходити за межі тіла людини?

Коли змінюється поза людини, наприклад, під час нахилів вперед або назад, загальний центр мас тіла зміщується і може знаходитись за межами тіла.

18. Що називається моментом інерції тіла?

Момент інерції тіла – це міра інертності тіла під час обертального руху. Визначається як сума добутку мас усіх матеріальних точок тіла на квадрати їх відстаней від даної осі обертання: $I = \sum m_i \cdot r_i^2$.

19. Що таке центральний момент інерції тіла?

Центральним моментом інерції тіла називається момент інерції відносно вісі обертання, що проходить через центр мас тіла. Момент інерції відносно вісі, що паралельна центральній, розраховують за формулою: $I_x = I_c + ml^2$, де I_x – шуканий момент, I_c – центральний момент інерції, m – маса ланки, l – відстань від осі обертання до центру мас тіла.

20. Що розуміють під поняттям «радіус інерції»?

Оскільки матеріальні точки в тілі людини розташовані на різних відстанях від осі обертання, то існує поняття «радіус інерції». Радіус інерції – це порівняльна міра інертності даного тіла відносно його різних осей. Він вимірюється коренем квадратним із відношення моменту інерції (I) (відносно даної вісі) до маси тіла (m): $R_{in} = \sqrt{\frac{I}{m}}$.

21. Від яких характеристик залежить момент інерції всього тіла?

Момент інерції всього тіла залежить від пози тіла людини та вісі обертання. Якщо змінювати позу, то можна змінювати момент інерції, наприклад, групування під час виконання сальто зменшує момент інерції порівняно із випрямленим положенням тіла приблизно у три рази.

Складові рухи у біокінематичному ланцюгу

1. Які рухи в біомеханіці називаються складовими?

У біокінематичному ланцюгу тіла людини рух може передаватися від однієї ланки до іншої. Наприклад, швидкість кисті під час кидка списа є результатом рухів нижніх кінцівок і тулуба. Рух кисті в цьому випадку складається ніби із рухів інших ланок тіла. Тому рухи, які зумовлені рухами інших ланок тіла, у біомеханіці називаються складовими.

2. Як у біокінематичному ланцюгу ланки тіла зумовлюють рух одна одної?

Майже в усіх синовіальних суглобах ланки тіла рухаються навколо вісей сполучень, тобто обертально. У біокінематичних ланцюгах зазвичай рухається багато ланок – одні «несуть» на собі рухи інших (такі ланки, що несуть, та такі, яких несуть). Такі, що несуть рух, наприклад, мах стегном при виносі ноги під час бігу, змінює рух, яких несуть, тобто у даному прикладі – згинання гомілки.

3. Як в незамкненому біокінематичному ланцюгу знайти кутові переміщення, швидкість і прискорення під час рухів, що мають одне та різне спрямування?

Якщо в незамкненому біокінематичному ланцюгу рухи ланок тіла односпрямовані, то їх кутові переміщення, швидкості і прискорення додаються. У разі різноспрямованого руху величини цих біомеханічних характеристик вже не додаються, а відраховуються.

4. Як складовий рух у біокінематичному ланцюгу забезпечує лінійне переміщення ланок тіла?

Складовий рух у біокінематичному ланцюгу утворюється із обертальних рухів у суглобах відповідних ланок. При цьому внаслідок сумування односпрямованих і відрахування різноспрямованих рухів у різних суглобах відбувається приріст і лінійних переміщень ланок тіла. Тобто, біокінематичний ланцюг або скорочується, або подовжується (ланки тіла або наближаються одна до одної, або віддаляються).

5. Які складові рухи ланок тіла в біокінематичному ланцюгу Вам відомі?

У біокінематичних ланцюгах рухового апарату людини існує значна кількість ступенів свободи рухів, тому кінематика рухів у них дуже складна. Кожний рух у суглобових з'єднаннях незамкненого ланцюга впливає на траєкторії, швидкості та прискорення інших, більш віддалених ланок. Залежно від спрямування швидкостей рухи ланок тіла людини можуть бути зворотно-обертальними, зворотно-поступальними та колові.

6. Чому майже всі рухи ланок тіла в біокінематичному ланцюгу характеризуються як зворотні?

Будова суглобових сполучень рухового апарату людини не дозволяє здійснювати рухи в них за «принципом колеса», тобто робити необмежений поворот навколо вісі суглоба в один бік. Тому майже всі рухи ланок тіла в біокінематичному ланцюгу мають зворотний характер.

7. Охарактеризуйте зворотно-обертальні рухи в біокінематичному ланцюгу.

Зворотно-обертальні рухи в біокінематичному ланцюгу нагадують рухи маятника навколо вісі, яка розташована поперек ланцюга (згинання - розгинання) або поздовжньо (супінація - пронація).

8. Які особливості мають зворотно-поступальні рухи в біокінематичному ланцюгу?

Прикладом зворотно-поступального руху може бути кисть боксера під час обертальних рухів у плечовому та ліктьовому суглобах. Тут узгоджені обертальні рухи в ліктьовому та плечовому суглобах дозволяють кисті рухатися поступально, при цьому кутові швидкості протилежно спрямованих рухів (розгинання навколо поперечної вісі та обертання навколо поздовжньої осі) однакові.

9. Опишіть коловий рух в біокінематичному ланцюгу

Коловий рух в біокінематичному ланцюгу можливий тільки в кулястих суглобах, коли поздовжня вісь ланки описує кінчну поверхність. При цьому узгоджуються два рухи – власне поздовжньої вісі та ланки навколо неї. Тільки такий конусоподібний рух і може виконуватись у біокінематичному ланцюгу без обов'язкових зворотних рухів.

10. Як у біомеханіці сприймається дія сили?

У біомеханіці дія сили сприймається не як причина руху (за першим законом Ньютонa, якщо на тіло не діють ніякі сили,

то воно знаходиться або в стані спокою, або прямолінійного рівномірного руху), а як причина зміни руху.

11. Охарактеризуйте особливості дії статичної сили.

Сила, яка діє статично, врівноважена іншою силою. Під час її дії зміна руху не відбувається, прискорення не виникає. Однак в тілі виникає деформація, а також пов'язане з нею напруження всередині тіла. Наприклад, утримання штанги над головою – сила тяжіння врівноважена силою опори рук, при цьому виникає ефект статичного напруження м'язів. Сили можуть діяти на тіло статично як у спокої, наприклад, вис гімнаста на перекладині – реакція опори перекладини врівноважує силу тяжіння гімнаста, так і в русі, наприклад, реакція опори врівноважує силу тяжіння ковзаняра, який ковзається у зігнутій позі.

12. Як вимірюють статичну силу?

Статичну силу вимірюють силою, яка її врівноважує. Наприклад, сила реакції опори у стані спокою дорівнює вазі людини.

13. У чому полягає особливість сили, що діє на тіло динамічно?

Сила, що діє динамічно, не врівноважена іншою силою. Вона спричиняє прискорення, а також деформацію тіла, до якого вона прикладена. Коли відома маса прискореного тіла і його прискорення під дією динамічної сили, визначають її величину

та напрямком. При цьому, як правило, не визначають витрати роботи на деформацію: $F=m \cdot a$, де F – динамічна сила, m – маса прискореного тіла, a – прискорення тіла. Однак у реальних умовах зовнішнього оточення необхідно враховувати також, що завжди існують інші тіла (Земля, повітря, вода та ін.), які можуть сприяти руховим діям або гальмувати їх.

14. Як у біомеханіці класифікують сили, що прикладені до ланок тіла людини і викликають їх прискорення?

Сили, що прикладені до ланок тіла людини, можуть по-різному впливати на їх рух. Тому їх класифікують як рушійні, гальмівні, відхиляючі та зворотні.

15. Яким чином динамічні сили впливають на рух ланок тіла і змінюють його?

Динамічні сили, залежно від напрямку дії, змінюють рух ланок тіла. Так, рушійні сили співпадають із напрямком швидкості тіла або створюють з ним гострий кут, тому здійснюють позитивну роботу, тобто збільшують швидкість руху. У свою чергу, гальмівні сили спрямовані протилежно до напрямку швидкості тіла або створюють з ним тупий кут, отже, здійснюють від'ємну роботу, тобто зменшують швидкість руху. Відхиляючі сили перпендикулярні до напрямку швидкості тіла, тому збільшують кривизну траєкторії руху. Зворотні сили також перпендикулярні до напрямку руху тіла, але на відміну від відхиляючих сил, кривизну траєкторії руху зменшують.

16. Як співвідношення сил, що прикладені до кожної ланки тіла, зумовлює результат їх дії?

Тіло, що рухається, завжди відчуває на собі дію гальмівних сил. Якщо рушійні сили більше гальмівних, то їх різниця – прискорююча сила зумовлює збільшення швидкості руху, надає тілу позитивного прискорення. У випадку, коли рушійні сили відсутні, тобто вони мають нульову величину і рух тіла здійснюється за інерцією, то їх різниця – уповільнююча сила зменшує швидкість, спричиняє сповільнення руху тіла. Від співвідношення відхиляючих і зворотних сил залежить дія поворотальної сили, яка змінює кривизну траєкторії руху. Зі зменшенням поворотальної сили траєкторія випрямляється і наближається до прямолінійної.

17. Що називають суглобовими силами?

Коли дія сил прикладена до ланки в частині її з'єднання з іншою ланкою, то такі сили називаються суглобовими.

18. За яких умов суглобові сили створюють суглобові моменти?

Коли суглобові сили прикладені до ланки тіла на плече сили, то вони створюють відносно вісі суглоба суглобові моменти.

19. Якими діями відзначаються суглобові моменти?

Суглобові моменти, діючи на ланку тіла, можуть збільшувати або зменшувати її швидкість руху, а також здійснювати обертальну дію.

20. Що викликає зміну положення тіла людини та зміну її рухів?

Зміна положення тіла людини та її рухів викликана дією суглобових сил і суглобових моментів на ланки біокінематичних ланцюгів рухового апарату.

21. Чому не можна визначити рівнодійну силу, що викликає зміну положення тіла або окремих його частин, для всього рухового апарату людини?

Зміна положення ланки тіла людини залежить від прикладених до неї сил. Причини зміни руху кожної ланки в біокінематичному ланцюгу різні. Тому в опорно-руховому апараті в силу найрізноманітніших рухів, які він може здійснювати, знайти одну рівнодійну силу, яка б замінювала всі сили, що прикладені до всіх ланок, практично неможливо. Здійснено лише визначити рівнодійні сили і моменти сил для кожної ланки.

22. Як здійснюють аналіз рухових дій людини, якщо визначити рівнодійну силу для всього рухового апарату практично неможливо?

У біомеханіці, коли визначити рівнодійну силу для всього рухового апарату людини практично неможливо, але необхідно здійснити аналіз рухових дій, послуговуються теоретичними припущеннями. А саме, умовно вважають руховий апарат не системою матеріальних тіл, рухомо з'єднаних між собою за

допомогою суглобів, а одним твердим тілом; використовують не реальний руховий апарат, що нараховує більше 200 ланок, а його модель, тобто 14 ланок; припускають відсутність тертя у суглобах, тобто немає витрат енергії на його подолання, а зусилля передаються від однієї ланки до іншої без втрат; зводять різноманіття фактичних джерел сил, що діють на тіло людини, до небагатьох.

Сили, які впливають на рухову діяльність людини

1. Як у біомеханіці класифікують сили, що впливають на рух людини?

Сили, які впливають на рух людини, в біомеханіці класифікують як зовнішні і внутрішні.

2. Що в біомеханіці розуміють під зовнішніми силами?

Зовнішні сили викликані дією зовнішніх для людини тіл. Наприклад, такими тілами можуть бути опора, на якій знаходиться людина; снаряди, інші люди, з якими вона взаємодіє; середовище, в якому перебуває тощо. Тільки під дією зовнішніх сил можлива зміна траєкторії руху і швидкості центру мас тіла людини.

3. Чим у біомеханіці внутрішні сили відрізняються від зовнішніх?

Внутрішні сили виникають під час взаємодії частин тіла людини одна з одною. Вони безпосередньо не можуть змінити

руху центру мас тіла людини, не можуть задавати всім його частинам однакових рухів. Проте тільки внутрішніми силами тяги м'язів людина управляє безпосередньо, що спонукає до рухів у суглобах ланки тіла.

4. Які внутрішні сили відносно тіла людини Вам відомі?

До внутрішніх сил відносно тіла людини відносять силу тяги м'язів, силу інерції ланок тіла, силу пружної деформації м'язів, силу тертя між ланками та інші.

5. Які сили, що діють на тіло людини, називаються контактними і дистантними?

Усі зовнішні сили відносно тіла людини, які діють на нього під час безпосереднього контакту з іншими зовнішніми тілами, називаються контактними. Лише сила тяжіння може діяти на тіло без безпосереднього його контакту із Землею, тобто на відстані, коли воно знаходиться в польоті. Тому сила тяжіння є дистантною силою.

6. Що називають силою інерції зовнішнього тіла?

Сила інерції зовнішнього тіла – це міра дії на тіло людини з боку зовнішнього тіла, яке прискорюється безпосередньо людиною (наприклад, метання снарядів). Вона дорівнює масі тіла (m), яке прискорюється, помноженій на його прискорення (a):

$$F_{in} = -m \cdot a.$$

7. Що є умовою виникнення сил інерції?

Умовою виникнення сил інерції у тіла, що рухається, є його прискорення під дією зовнішніх сил.

8. Який має напрямок дії сила інерції зовнішнього тіла?

Сила інерції зовнішнього тіла, що прискорюється людиною, спрямована в сторону, протилежну прискоренню. Ця сила прикладена до робочої точки тіла людини, де відбувається контакт з прискорюваним тілом.

9. Коли прискорення зовнішнього тіла буває позитивним?

Якщо людина взаємодіє із зовнішнім тілом, наприклад, штовхає ядро, і збільшує швидкість його руху, то таке прискорення називається позитивним. У цьому випадку сила інерції ядра сприймається тілом людини як опір.

10. Чим від'ємне прискорення зовнішнього тіла відрізняється від позитивного?

У випадку, коли людина зменшує швидкість прискорюваного нею тіла, наприклад, ловить м'яч рухом на себе, то таке прискорення зовнішнього тіла є від'ємним, а сила інерції, у даному прикладі – м'яча, розглядається як його натиск на тіло людини.

11. Як впливає сила інерції зовнішнього тіла на тіло людини, якщо людина розганяє це тіло по колу?

Коли людина розганяє зовнішнє тіло по колу, то нормальне прискорення, що спрямоване до центру кола, дає можливість їй утримувати, наприклад, диск на коловій траєкторії. У той же час, відцентрова сила інерції диска, що

прикладена до руки металника, сприймається як тяга, тобто «бажання» диска вирватися із руки по радіусу.

12. За яких умов зовнішнє тіло, що розганяється людиною по колу, вирветься із її руки?

Якщо відцентрова сила інерції зовнішнього тіла, що розганяється людиною по колу, більша за величиною, ніж нормальна сила (доцентрова), яка утримує дане тіло на коловій траєкторії, то людина вже не може приборкати зовнішнє тіло і воно вирветься з її рук.

13. Яка ще сила, крім доцентрової та відцентрової, виникає під час руху, коли людина розганяє зовнішнє тіло по колу?

Під час руху по колу зовнішнього тіла, що прискорюється людиною, крім доцентрової та відцентрової сил, проявляється ще тангенціальна сила інерції. Вона спрямована за дотичною протилежно прискорюючій силі. Звідси, можна визначити й повну силу інерції у вигляді геометричної суми тангенціальної складової ($F_{in}^{\pi} = m\epsilon r$, при кутовому прискоренні) і нормальної ($F_{in}^N = m\omega^2 r$, при доцентровому прискоренні).

14. Що називають реальною силою інерції?

Реальна сила інерції виникає і діє на тіло людини, коли людина прискорює зовнішнє тіло (ядро, м'яч, диск та інші). Її особливістю є те, що проявляється вона в інерціальній, тобто

нерухомій системі відліку. Реальна сила інерції виступає як неврівноважена протидія прискорюваного зовнішнього тіла.

15. У чому полягає сутність фіктивної сили інерції?

Часто в біомеханіці необхідно розв'язувати задачі, де система відліку сама рухається з прискоренням. Наприклад, рухомий автобус як система відліку і люди, які в ньому знаходяться, і також здійснюють переміщення. Проте в неінерціальній системі відліку закони Ньютонів не спрацьовують. Щоб вирішити цю колізію, вводять поняття «фіктивна» сила інерції. Вона має таку саму величину (добуток маси на прискорення) і спрямована так само (у бік, протилежний прискоренню неінерціальної системи), як і реальна сила інерції, але точкою прикладання «фіктивної» сили інерції вважається центр інерції тіла, яке прискорюється. Фіктивна тут не сама сила інерції, а точка прикладання (центр інерції ядра, м'яча, диска замість робочої точки тіла людини).

16. Що таке центр інерції твердого тіла?

Центром інерції твердого тіла називається точка прикладання рівнодійної паралельних сил інерції («фіктивних») усіх частин тіла.

17. Як у біомеханічному дослідженні рухів людини використовувати реальну та фіктивну сили інерції?

Під час біомеханічних досліджень рухів людини потрібне розуміння того, що реальна та фіктивна сили інерції є одним і

тим самим явищем, але описувати його потрібно в різних системах відліку. А саме, потрібно точно визначати сили інерції якого тіла, в якій системі відліку і до якого тіла прикладені.

18. Які сили називаються пружними?

Усі тіла, до яких прикладені сили з боку інших тіл, деформуються. Сили, які виникають у деформованому тілі, що протидіють деформації і після неї відновлюють початкову форму тіла, називаються пружними.

19. Від яких характеристик залежить величина сили пружності?

Величина сили пружності, що виникає в деформованому тілі, залежить від структури матеріалу цього тіла (молекулярного складу) та величини сили, яка прикладена до тіла.

20. Які зони деформації тіла Вам відомі?

Під дією зовнішніх сил тіло може проходити наступні зони деформації: пружності, пластичності та руйнування.

21. Що відбувається з тілом, зокрема м'язами, сухожилками, зв'язками, якщо вони деформуються в межах своєї зони пружності?

Якщо біологічні волокна (м'язи, сухожилки, зв'язки, шкіра) деформуються в межах своєї зони пружності, а потім зовнішня сила припиняє діяти на них, то вони, завдячуючи

пружним властивостям, повертаються до своєї початкової довжини.

22. Як змінюються властивості тіл, якщо деформувати їх за межу пружності?

На відміну від тимчасової деформації, яка проявляється у тіла в межах його зони пружності і зникає із припиненням дії деформуючої сили, деформація, яку зазнає тіло за межами пружності, постійна. За межами зони пружності відбуваються пластичні перебудови всередині тіла, які впливають на довгострокові зміни в його структурі. Наприклад, якщо м'язове волокно розтягувати за межі зони пружності і потім припинити дію розтягуючої сили, воно буде мати нову довжину, яка більше початкової внаслідок змін в структурі тканини. Волокно може і зруйнуватись, якщо деформація за межами зони пружності триватиме і надалі.

23. Що розуміють під поняттям «відносна деформація»?

Відносною деформацією називають відношення довжини тканини, набутої під дією зовнішньої сили, до її початкової довжини, вираженої у відсотках. Так, верхня межа фізіологічних деформацій у зв'язках і сухожилках складає 2-5 %, причому сухожилки розриваються приблизно при 8 % величини відносної деформації.

24. Як властивість біологічних волокон в різних зонах деформації використовують у практиці спорту?

Біологічні тканини, особливо м'язова і сполучна у вигляді сухожилок, володіють здатністю накопичувати енергію деформації. Вона являє собою потенціал для повернення до своєї початкової довжини волокон цих тканин. Вподальшому енергія деформації використовується для створення сили пружності, яка бере безпосередню участь у зміні швидкості волокон та утворення сили тяги м'язів. Крім того, властивість м'яза, внаслідок послаблення тонусу при його розтягненні в зону пластичності, змінювати свою структуру у вигляді збільшення кінцевої довжини порівняно з попередньою використовується під час виконання вправ на гнучкість, що дозволяє збільшувати діапазон рухів у суглобах.

25. Поясніть, що таке сила пружної деформації.

Сила пружної деформації – це міра дії деформованого тіла на інші тіла, які викликають цю деформацію. Вимірюється ця сила добутком величини деформації (Δl) на коефіцієнт пружності (C) тіла: $F_{np} = \Delta l \cdot C$. Наприклад, гімнаст під час настрибування деформує трамплін, в якому внаслідок деформації виникають пружні сили. Коли пружні сили досягають максимальної величини, вони зупиняють деформацію трампліна. Потенціальна енергія пружної деформації, що виникла у деформованого трампліна, переходить у кінетичну

енергію, яка спрямована на відновлення його початкової форми. Оскільки нижні кінцівки гімнаста ще знаходяться у контакті з трампліном, то кінетична енергія розповсюджується і на тіло спортсмена, і він вистрибує вище, ніж від твердої опори.

26. Який закон природи лежить в основі сили реакції опори?

В основі сили реакції опори лежить закон, який говорить, що для кожної дії існує рівна і протилежно спрямована протидія (так званий III закон Ньютона).

27. Що розуміють під силою реакції опори?

Сила реакції опори – це міра протидії опори впливу на неї тіла, яке знаходиться з нею у контакті або в статичному положенні, або під час руху. Вона дорівнює силі дії тіла на опору, спрямована в протилежний бік і прикладена до цього тіла.

28. Куди спрямована сила реакції опори, якщо тіло знаходиться на горизонтальній поверхні?

Якщо вага тіла, що знаходиться на горизонтальній поверхні, спрямована перпендикулярно вниз до опори, то реакція опори також спрямована перпендикулярно до опори, тобто уверх. Така опорна реакція називається нормальною.

29. Яку реакцію опори називають статичною?

У випадку статичного (нерухомого) положення тіла на опорі, реакція опори також буде статичною. За величиною вона дорівнює статичній вазі тіла.

30. Як називається реакція опори і якій величині вона буде дорівнювати, якщо тіло рухається на опорі з прискоренням?

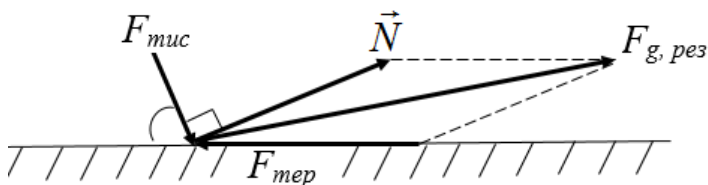
Коли людина рухається на опорі з прискоренням, спрямованим уверх, то до статичної ваги тіла додається сила інерції, що скерована вниз. І така опорна реакція називається динамічною.

31. Чому реакція опори вважається пасивною силою?

Реакція опори сама по собі не може викликати позитивного прискорення. Це пов'язано з тим, що тіло буде рухатися на опорі тільки під дією інших сил, наприклад, удар ключкою по нерухомій шайбі. Тому реакція опори є силою пасивною. Проте, якщо немає опори, тобто немає від чого відштовхнутись, людина не може пересуватись.

32. Куди буде спрямована сила реакції опори, якщо тіло контактує з опорою не під прямим кутом?

Якщо тіло взаємодіє з горизонтальною опорою не під прямим кутом, то і сила тиску цього тіла на опору буде прикладена також не під прямим кутом до її поверхні. Таким чином, реакція опори теж не буде перпендикулярною до поверхні опори. Її можна розкласти на нормальну та дотичну складові. Рівнодійна нормальної та дотичної складових є загальною (результуючою) реакцією опори.



33. Чому загальна реакція опори сприяє просуванню тіла людини?

У випадку статичного положення людини на горизонтальній поверхні, сила реакції опори проходить через загальний центр мас її тіла. Цим підтримується стійкість тіла. Коли ж людина виконує на опорі рухові дії (біг, відштовхування, амортизацію тощо) сила опорної реакції зазвичай через загальний центр мас її тіла не проходить, що створює відносно нього момент і сприяє його просуванню.

34. Доведіть залежність сили реакції опори від маси тіла, яке взаємодіє з нею, та прискорення центру мас цього тіла.

Відомо, що сила реакції опори представляє собою реакцію на дії людини, яка передається її тілу через опорну ногу. Щоб довести залежність сили реакції опори від маси тіла людини і прискорення його загального центру мас, розглянемо приклад. Легкоатлет виконує стрибок у висоту. Цей стрибок можна поділити на чотири фази:

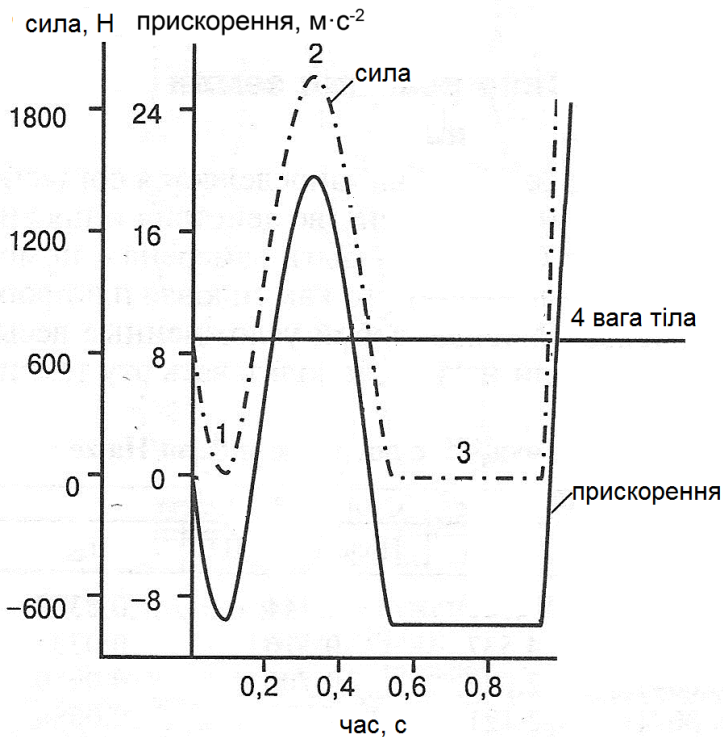
1) початкова фаза – момент амортизації під час настрибування на опору, руки рухаються за спину – реакція опори менше ваги тіла (від’ємне прискорення);

2) фаза відштовхування від опори, руки рухаються вперед-вверх – сила реакції опори більше ваги тіла (позитивне прискорення);

3) фаза польоту – реакція опори дорівнює нулю (прискорення становить $9,81 \text{ м}\cdot\text{с}^{-2}$);

4) фаза приземлення або удару – стрибун вступає в контакт з опорою – рух припиняється.

Таким чином, на цьому прикладі яскраво прослідковується залежність сили реакції опори від маси тіла людини і прискорення його центру мас.



35. Чи є залежність швидкості бігу від сили реакції опори?

Зростання швидкості бігу безпосередньо пов'язане з більшою силою реакції опори, причому прикладеної до тіла бігуна протягом меншого проміжку часу.

36. Дайте визначення поняттю «сила тертя».

Сила тертя – це міра протидії тілу, яке рухається по поверхні іншого, і спрямована за дотичною до поверхонь взаємодіючих тіл.

37. Як визначають величину сили тертя?

Величину сили тертя визначають добутком нормального тиску (N) на коефіцієнт тертя ($K_{тер.}$): $T=N \cdot K_{тер.}$, де T – сила тертя.

38. Що таке коефіцієнт тертя?

Коефіцієнт тертя – величина, яка характеризує силу опору, що виникає між тілами, коли одне з них рухається по поверхні іншого. Залежно від виду тертя розрізняють і відповідний коефіцієнт тертя.

39. Які види тертя Вам відомі?

Виокремлюють декілька видів тертя, а саме: сила тертя спокою, сила тертя ковзання, сила тертя кочення та сила тертя обертання.

40. Охарактеризуйте силу тертя спокою.

Сила тертя спокою виникає за умови, коли одне тіло не може ковзатись по поверхні іншого. Тобто, рушійна сила, що

прикладена до цього тіла, не може його зрушити, значить сила тертя утримує тіло в нерухомості. Абсолютно гладких поверхонь тіл у природі не існує. На поверхнях завжди є горбики і западини, навіть на спеціально шліфованих поверхнях. Отже, чим більша зовнішня сила намагається привести тіло в рух, тим більша виникає деформація цих горбиків і виступів на поверхнях тіл. Тому сила тертя спокою незмінно дорівнює зовнішній силі.

41. Що називають максимальною силою тертя спокою?

Силу тертя спокою, що за величиною однакова із зовнішньою силою, яка намагається спричинити рух одного тіла по поверхні іншого, називають максимальною силою тертя спокою.

42. Чому сила тертя спокою характеризується подвійною природою дії?

З одного боку, сила тертя спокою є гальмівною силою, яка перешкоджає одному тілу пересуватися по поверхні іншого. Але, з іншого боку, вона є рушійною силою, тому що, наприклад, для людини, всіх видів колісного транспорту, дає можливість рухатись, використовуючи опору для відштовхування, тобто не дає можливість проковзуватись назад. Ці випадки і характеризують подвійну природу дії сили тертя спокою.

43. Коли сила тертя стає силою динамічною?

Коли зовнішня сила, що прикладена до тіла, більша за величиною максимальної сили тертя спокою, то тіло починає рухатись по поверхні іншого.

Отже, сила тертя стає силою динамічною. Це явище звичне для сухого тертя.

44. Що таке сила тертя ковзання?

Коли тіло рухається по поверхні іншого і не втрачає з ним контакту, тобто ковзається по ньому, то між ними виникає сила тертя, яка називається тертям ковзання.

45. Який механізм виникнення тертя ковзання?

Виникнення тертя ковзання можливе, коли між взаємодіючими тілами відбувається зчеплення нерівностей їх поверхонь. У випадку, коли поверхні гладкі, спостерігається щільний контакт між тілами, тоді трапляється зчеплення між молекулами обох тіл.

46. Чому, докладаючи силу до важкого тіла, його спочатку нелегко зрушити з місця, але, навіть якщо швидкість руху незначна, пересувати його стає легше?

Явище, коли масивне тіло пересувати по поверхні іншого стає набагато легше навіть при невеликій швидкості руху, ніж спочатку зрушити його з місця, пояснюється зменшенням сили тертя ковзання. Під час руху наявні на поверхні тіла горбки і виступи не встигають глибоко заходити в заглиблення поверхні

іншого тіла, що знаходиться з ним у контакті, як це спостерігається під час нерухомості. Деформації підлягають лише верхівки горбиків, тому сила опору зменшується і тіло рухається відносно легко.

47. Які Ви знаєте закони, що характеризують силу тертя ковзання?

Існують три закони, які характеризують силу тертя ковзання. Перший з них говорить, що сила тертя ковзання не залежить від площі поверхні взаємодіючих тіл. Змістом другого є те, що сила тертя ковзання пропорційна силі нормального тиску, з яким одне тіло діє на інше (величині притискуючої сили). Третій закон виражає залежність сили тертя ковзання від матеріалу, з якого зроблені контактуючі тіла, стану обробки їх поверхонь і наявності та виду мастила, якщо тіла ними змащені.

48. Коли виникає сила тертя кочення?

Сила тертя кочення виникає під час перекочування одного тіла по поверхні іншого.

49. Що є особливістю тертя кочення?

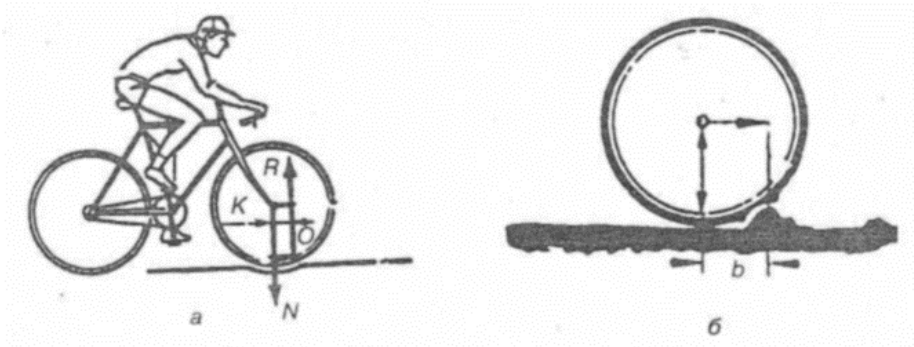
Особливістю тертя кочення є те, що точки дотику тіл увесь час змінюються, наприклад, рух колеса на опорі.

50. Поясніть механізм прояву сили тертя кочення.

На прикладі руху велосипеда на опорі (шосе, ґрунтова поверхня, трек) можна спостерігати, як взаємодіють точки колеса велосипеда з місцем опори. При цьому тіла, що

контактують між собою, деформуються. Колесо ніби втискується в опору і утворює ямку, через край якої колесо весь час перекочується. У цьому випадку сила тертя кочення пропорційна силі нормального тиску та обернено пропорційна

радіусу колеса: $F_{\text{коч}} = k \frac{N}{r}$, де $F_{\text{коч}}$ – сила тертя кочення, N – сила нормального тиску, r – радіус колеса, k – коефіцієнт тертя кочення.



51. Що таке коефіцієнт тертя кочення і як його вираховують?

Коефіцієнт тертя кочення вираховують як відношення моменту рушійної сили до моменту тертя (сила нормального тиску, помножена на її плече відносно краю ямки). Плече сили нормального тиску, що утруднює «викочування» із ямки, і є коефіцієнт тертя кочення.

52. Чим відрізняється тертя обертання від тертя кочення?

Як і у випадку сили тертя кочення, сила тертя обертання виникає, коли одне тіло контактує з іншим у вигляді однієї точки. Але відмінність полягає в тому, що ця точка є нерухомою і рух відбувається навколо неї, наприклад, обертання фігуриста навколо своєї поздовжньої вісі (проекція поздовжньої вісі на площину опори фіксується у вигляді однієї точки).

53. Яке значення для виконання руху має напрямок дії сили тертя?

Якщо сили тертя, що виникають під час пересування одного тіла по поверхні іншого, спрямовані назустріч руху, то вони його гальмують. Але у випадку їх спрямування однаково з напрямком руху, вони не дають точці дотику рухомого тіла проковзуватись назад.

54. Яке тертя називають рідким?

Якщо тіло пересувається у водному або газовому середовищі, то між ним і цим середовищем виникає тертя, яке називається рідким.

55. Що є головною особливістю рідкого тертя?

Головною особливістю рідкого тертя є те, що повністю відсутня у цьому випадку сила тертя спокою. Тобто прикладання найменших зусиль до тіла, яке знаходиться, наприклад, у воді чи повітрі, приведе його у рух.

56. Чому під час знаходження тіла у рідкому або газовому середовищі, відсутня сила тертя спокою?

Відсутність сили тертя спокою під час знаходження тіла в газовому або водному середовищі пояснюється тим, що рухаючись, тіло захоплює найближчі до себе шари середовища, серед яких власне і відбувається тертя. У той час, як для виникнення сили тертя спокою необхідно, щоб тертя відбувалося між шорсткими поверхнями, як це спостерігається серед твердих тіл.

57. Що називають опором середовища?

У випадку, коли тіло рухається у повітрі чи воді, воно залучає до руху частинки середовища, і передає їм частину своєї енергії. Це призводить до виникнення опору середовища щодо руху тіла.

58. Що Ви знаєте про ефект, відомий як гальмування тертям?

Зовнішнє середовище, тобто повітря або вода, неоднорідне. Воно представляє собою потік шарів, із яких складається. Коли тіло рухається у такому середовищі, то найближчий до нього тонкий шар називається пограничним. Шари середовища рухаються один відносно іншого з неоднаковими швидкостями. Як правило, пограничний шар має найменшу швидкість, оскільки він гальмується тертям між його частинками і тілом. Цей ефект відомий під назвою гальмування тертям.

59. Як змінюється сила опору середовища зі збільшенням швидкості руху тіла, що перебуває в ньому?

Коли тіло рухається в повітрі або воді з невеликою швидкістю, то сила опору середовища (F) вимірюється добутком коефіцієнту опору середовища (k) і швидкості (v) тіла: $F=k \cdot v$. У разі зростання швидкості до значних величин, то формула набуває вигляду: $F=k \cdot v^2$. Таким чином, напрошується висновок: зі збільшенням швидкості тіла в середовищі, сила опору цього середовища зростає прямо пропорційно.

60. Які потоки середовища називають ламінарними і турбулентними?

Коли лінії потоку середовища плавно огинають тіло, що рухається в ньому, їх форма зберігається упорядкованою. Такий потік називається ламінарним. Якщо ж рух частинок середовища навколо тіла стає хаотичним, потік називається турбулентним.

61. Які фактори впливають на потік середовища і його характер?

Основними факторами, що впливають на потік середовища і його характер, є форма і текстура тіла. Наприклад, шолом велосипедиста має обтічну форму. Це сприяє збереженню ламінарності течії повітря при великих швидкостях руху велосипедиста. У разі відсутності шолома і наявності значного волосяного покриву голови велосипедиста потік повітря стає турбулентним, що збільшує опір середовища.

62. Що називають лобовим опором?

Лобовий опір – це сила, з якою середовище перешкоджає руху тіла, що знаходиться в ньому.

63. Від чого залежить величина лобового опору?

Величина лобового опору (R_x) залежить від площі поперечного перетину тіла, його обтічності, щільності, в'язкості середовища та відносної швидкості руху тіла: $R_x = S_m \cdot C_x \cdot \rho v^2$, де S_m – площа найбільшого поперечного перетину тіла (міделевий перетин); C_x – коефіцієнт лобового опору, який залежить від форми тіла, тобто його обтічності; ρ – щільність води ($1000 \text{ кг}\cdot\text{м}^{-3}$) або повітря ($1,3 \text{ кг}\cdot\text{м}^{-3}$); v – відносна швидкість середовища і тіла.

64. Назвіть умову, за якою людина може зменшити величину лобового опору.

Щоб зменшити величину лобового опору, пересуваючись у водному чи повітряному середовищі, людина може надати своєму тілу обтічної форми. Наприклад, лижник, спускаючись з гори, нахиляє тіло вперед, а плавець намагається надати тілу максимально горизонтального положення.

65. Що таке хвильовий опір?

Хвильовий опір є різновидом лобового опору. Він виникає під час пересування плавця у воді. Ефект хвильового опору, ймовірно, зумовлений нерівномірною щільністю води. Наявність хвиль зменшує частину тіла плавця, яка знаходиться

над поверхнею води, і тим самим збільшує ефективну щільність середовища. Опір середовища визначають за рівнянням: $F_{\sigma} = K \cdot S \cdot v^2$, де K – константа, S – характерна площа тіла, v – швидкість середовища відносно тіла.

66. У чому полягає особливість виштовхувальної сили?

Виштовхувальна сила – це міра дії середовища, у першу чергу води, на занурене в ньому тіло. Вона спрямована у протилежний бік силі тяжіння і за законом Архімеда дорівнює масі об'єму води, витісненої цим тілом. Якщо виштовхувальна сила більше сили тяжіння тіла, то тіло спливає. Якщо ж сила тяжіння більше виштовхувальної сили, то воно тоне. У випадку рівності сил, тіло може знаходитися усередині водного середовища.

67. Що мають на увазі, коли мова йде про підйомну силу?

Підйомна сила є складовою нормальної реакції середовища, коли дія сили з боку середовища на тіло спрямована під кутом до напрямку руху цього тіла. У випадку, коли виникаюча сила опору повітря спрямована перпендикулярно до потоку – це і є підйомна сила. Вона не обов'язково спрямована уверх, її напрямок може бути різним. Це залежить від положення тіла і напрямку повітряного потоку відносно нього.

68. Наведіть приклад позитивного використання підйомної сили.

Розглянемо приклад, коли лижник-двоборець відштовхнувся від трампліну і знаходиться у польоті. У цей час на верхній частині його лиж виникає менший тиск повітря через те, що швидкість його потоку більша, ніж на нижній частині, відповідно на якій швидкість повітряного потоку менша, проте тиск більший. Сила підвищеного тиску штовхає лижі уверх і врівноважує вагу тіла лижника. Отже, підйомна сила надає можливість системі тіло-лижі планерувати.

69. Що розуміють під законом всесвітнього тяжіння?

Змістом закону всесвітнього тяжіння є те, що усі тіла притягуються одне до одного з силою, пропорційною добутку їх мас і обернено пропорційно квадрату відстані між ними:

$$F = \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}, \text{ де } m_1 \text{ і } m_2 \text{ – маси двох тіл; } r \text{ – відстань між ними.}$$

70. Що таке сила тяжіння тіла?

Сила тяжіння тіла є одним із виявів сили всесвітнього тяжіння. Являє собою силу притягання тіл до Землі. Визначається за допомогою формули: $F_{\text{тяж}} = m \cdot g$, де $F_{\text{тяж}}$ – сила тяжіння тіла; m – маса тіла; g – прискорення вільного падіння. Величина цієї сили залежить від маси Землі і маси тіла, яке притягується до неї, а також відстані між ними.

71. Чому на екваторі сила тяжіння тіла менша, ніж на полюсах Землі?

Відомо, що відстань від центру Землі до її поверхні на полюсах на 42 км менша, ніж на екваторі. Тому сила тяжіння на екваторі на 0,2 % менша, ніж на полюсах. Крім того, внаслідок обертання Землі навколо власної вісі, тіла, що знаходяться на її поверхні, підлягають дії відцентрової сили інерції. Ця сила більше всього проявляється на екваторі і тому зменшує силу тяжіння ще на 0,3 %, порівняно із полюсами.

72. Якого прискорення набуває тіло, що знаходиться у вільному польоті?

Якщо тіло знаходиться у вільному польоті, тобто на нього діє тільки сила тяжіння, то прискорення цього тіла становить $9,81 \text{ м}\cdot\text{с}^{-2}$.

73. Доведіть унікальність дії сили тяжіння.

Із алгебраїчного виразу сили тяжіння ($F_{\text{тяж}} = m \cdot g$) видно, що вона прямо пропорційна масі тіла, на яке вона діє (при константній величині прискорення будь-якого тіла – $9,81 \text{ м}\cdot\text{с}^{-2}$). Отже, чим більша маса тіла, тим більша сила тяжіння. Але тут проявляється цікава властивість сили тяжіння, тому що за другим законом Ньютона прискорення тіла повинно бути обернено пропорційне масі, тобто чим більша маса тіла, тим менше його прискорення.

74. За яких умов виникає поняття ваги тіла?

Коли тіло знаходиться на опорі або підвішене, то сила тяжіння притискає тіло до опори або намагається відірвати від підвісу. Тоді виникає поняття ваги.

75. Чим вага тіла відрізняється від маси?

Вага – це сила, з якою тіло діє на опору чи підвіс унаслідок притягання до Землі, тоді як маса тіла – міра кількості речовини, що знаходиться в ньому. Вагу вимірюють шляхом зважування в ньютонках або кілограмах, а кількість речовини – в молях.

76. Чому вага тіла і сила тяжіння нерівнозначні поняття?

Вага і сила тяжіння прикладені до різних тіл. Нерівнозначність ваги і сили тяжіння пояснюється тим, що сила тяжіння зумовлена взаємодією тіла й Землі, в той час як вага виникає внаслідок взаємодії тіла й опори або підвісу.

77. Коли можна говорити про рівнозначність понять ваги тіла й сили тяжіння?

Про рівність ваги і сили тяжіння можна говорити лише тоді, коли опора (підвіс), на якій знаходиться тіло, нерухома або рухається рівномірно і прямолінійно. Якщо ж опора рухається з прискоренням, наприклад, ліфт вниз, то сила тиску тіла на опору зменшується, і навпаки, ліфт рухається вгору, а сила тиску зростає. У даному випадку вага тіла характеризується як динамічна. Динамічна вага завжди більша або менша статичної.

78. Назвіть умову виникнення явища невагомості.

Вага проявляється тільки тоді, коли тіло взаємодіє з опорою або підвісом. У разі відсутності опори, наприклад, у періоді польоту під час бігу чи стрибків, вагу виміряти неможливо. Отже, цей стан тіла можна назвати невагомістю.

79. Якщо тіло знаходиться у вільному польоті, куди спрямована дія сили тяжіння?

Під дією сили тяжіння тіло, що знаходиться у вільному польоті, рухається вертикально вниз. Рух цього тіла є прямолінійним і рівноприскореним.

80. Як оцінити дію сили тяжіння, якщо тіло рухається під кутом до горизонту?

У біомеханіці, розв'язуючи задачі на рух тіл, кинутих під кутом до горизонту, виходять з принципу незалежності рухів. Цей принцип дає змогу змінити розгляд одного складного криволінійного руху, що відбувається в заданій системі відліку, розглядом двох незалежних простих рухів, які здійснюються в двох різних напрямках у тій самій системі відліку. Тобто, тіло здійснює одночасно два рухи – один у горизонтальному напрямку зі швидкістю v_{ox} , другий – у вертикальному зі швидкістю v_{oy} .

81. Чи залежить час падіння тіла з певної висоти від траєкторії його руху?

Час падіння тіла не залежить від траєкторії руху, а тільки від висоти падіння. Наприклад, час руху тіла, кинутого горизонтально, дорівнює часу падіння з цієї самої висоти.

82. Поясніть значення сили реакції суглоба в управлінні рухами.

Сила реакції суглоба є сумарним ефектом передачі через суглоб з одного сегменту на інший зусиль, які викликаються м'язами, зв'язками і контактними силами кісток. Під час сумісної активності пари м'язів агоніст-антагоніст сила реакції суглоба це різниця активності цих м'язів. Оскільки людське тіло складається із послідовно з'єднаних сегментів, то сила, що діє на один сегмент, може через суглоб передаватися на інші сегменти. Наприклад, сила реакції опори, що діє на опорну ногу, розподіляється по всьому тілу і впливає на силу реакції суглоба. До того ж, ефект, викликаний рухом інших сегментів тіла, який називається силою інерції, може передаватися від одного сегменту до іншого.

83. Доведіть ефективність використання внутрішньо-черевного тиску в управлінні рухами.

У черевній порожнині багато рідини і волокнистих речовин, тому її розглядають як елемент, що не піддається стисканню, проте, який може передавати зусилля від м'язів, що

охоплюють порожнину, з метою підтримання структури тулуба. М'язи, які оточують черевну порожнину, складаються із м'язів черева попереду, діафрагми зверху і м'язів тазового дна знизу. Внутрішньочеревний тиск можна регулювати свідомо. Це називається процедурою Вальсальва. Затамуванням подиху на вдиху можна збільшувати внутрішньочеревний тиск. При цьому активізуються різні м'язи тулуба і черевної порожнини, що позитивно впливає на прояв сили людиною. З активацією м'язів тулуба, крім внутрішньочеревного, зростає і внутрішньогрудний тиск. Під час подолання обтяжень та виконання стрибків внутрішньогрудний і внутрішньочеревний тиск змінюються односпрямовано. При цьому внутрішньочеревний тиск зазвичай більше. Механізм залучення внутрішньочеревного тиску під час вправ з подолання обтяжень пов'язаний із зменшенням навантаження на м'язи спини та зменшенням тиску на міжхребцеві диски. Використання спеціального паска під час виконання вправ з обтяженнями сприяє збільшенню внутрішньочеревного тиску.

РОЗДІЛ 4. БІОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ УПРАВЛІННЯ РУХАМИ ЛЮДИНИ

Основи функціонування клітинних мембран

1. Що називають клітинною мембраною?

Клітинними мембранами називають структури, що відокремлюють клітину від навколишнього середовища. Крім того, вони розділяють внутрішньоклітинний простір на певні утвори, наприклад, такі як органели, субклітинні структури.

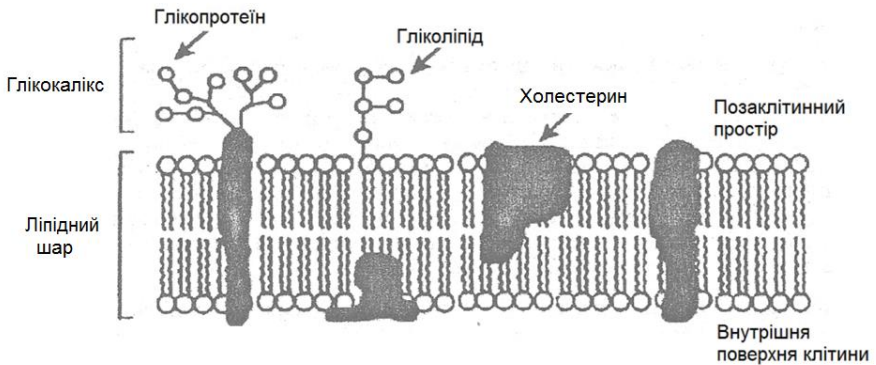
2. Які основні компоненти клітинної мембрани?

До основних компонентів клітинної мембрани відносять ліпіди, білки, холестерин та вуглеводи.

3. Які функції в структурі клітинної мембрани виконують ліпіди, білки, холестерин та вуглеводи?

Компонентом ліпідів є гідрофільний фосфорильований гліцерин, до якого приєднані ефірними зв'язками два гідрофобних “хвоста”. Вони, у свою чергу, складаються із жирних кислот. Хвіст кожної молекули фосфоліпиду відштовхується водою, проте притягується до жирнокислотних хвостів інших молекул. Це дає можливість хвостам бути оберненими усередину мембрани і формувати її серцевину. Крім того, кожна молекула ліпиду має фосфоліпідну головку, яка обернена назовні, тому що є полярною і притягується до оточуючої води. Білки мембрани занурені в ліпідний шар. Речовини, які не можуть безпосередньо долати ліпідний шар, проходять крізь мембрану по білковим каналам або за допомогою полегшеного транспортування білками-носіями.

Інші білки, що розташовані на внутрішній та зовнішній сторонах мембрани, беруть участь у передаванні інформації до клітини. Наприклад, рецептори нейромедіаторів або білки-носії, які зв'язують рецептори з цитоплазматичними білками та ферментами. Холестерин у клітинних мембранах розподілений між молекулами фосфоліпідів. Завдяки стероїдній структурі холестерин не пронизує всю товщу мембрани. При фізіологічних температурах він зменшує прохідність мембрани, але при більш низьких температурах підвищує її. Цим забезпечується стабільне функціонування мембрани. Вуглеводи зв'язуються із зовнішніми ділянками молекул мембранних білків і ліпідів. При цьому утворюються глікопротеїни та гліколіпіди. Утворений внаслідок цього шар називається глікокаліксом. Глікокалікс має негативний заряд. Він зв'язує позитивно заряджені йони позаклітинного Ca^{2+} , стабілізує мембранні структури, слугує матриксом для приєднання інших клітин.



4. Яким чином мембрана бере участь у підтриманні гомеостазу клітини?

Клітинна мембрана підтримує гомеостаз клітини за допомогою жорсткого контролю її внутрішнього середовища. Так, фосфоліпідний шар ізолює цитоплазму клітини від змін зовнішнього середовища, створює ліпідну суміш рідини з мембранними білками для забезпечення необхідних змін життєдіяльності клітини. Для цього клітинна мембрана повинна володіти достатньою прохідністю.

5. Чим відрізняється склад внутрішньоклітинної та позаклітинної рідини?

Позаклітинна рідина у високих концентраціях утримує йони натрію (Na^+) та хлору (Cl^-). Внутрішньоклітинна рідина, навпаки, має значну кількість йонів калію (K^+). Негативний заряд усередині клітини забезпечується, головним чином, негативно зарядженими білками і фосфатами. Інші важливі для життєдіяльності клітини речовини, такі як глюкоза та йони Ca^{2+} , також знаходяться по обидва боки мембрани в різних концентраціях.

6. Як проникають через клітинну мембрану жиророзчинні та водорозчинні речовини?

Жиророзчинні речовини, які не мають заряду, можуть безпосередньо проникати через ліпідну серцевину мембрани. Важливе значення серед них мають газоподібні речовини, такі як кисень та вуглекислий газ. Вони легко долають клітинні

мембрани. Деякі малі полярні молекули, наприклад, вода, також здатні долати ліпідний шар через міжмолекулярні пори. Водорозчинні речовини або великі полярні молекули, що не розчиняються у ліпідах і відштовхуються ліпідною серцевиною мембрани, щоб здолати клітинну мембрану, повинні взаємодіяти із спеціальним білком-носієм чи білком трансмембранного каналу. До нерозчинних в жирах речовин, яким для проходження мембрани необхідні транспортні білки, відносяться, наприклад, глюкоза, амінокислоти та всі види йонів (Na^+ , K^+ , Cl^- , HCO_3^-).

7. Назвіть основні процеси, за допомогою яких речовини проходять крізь клітинні мембрани.

Речовини проходять крізь клітинні мембрани за допомогою таких процесів, як проста дифузія, полегшена дифузія або, по-іншому, дифузія за допомогою носія та активний транспорт.

8. Що таке проста дифузія?

Під простою дифузією розуміють здатність речовини проникати через мембрану по простору між молекулами. Цей процес відбувається за електрохімічним градієнтом. Швидкість дифузії лінійно залежить від градієнта концентрації речовини, тобто різниці концентрацій речовини по обидва боки мембрани (чим більша різниця, тим вища швидкість дифузії). Обмежень для зростання простої дифузії не існує. Крім того, на дифузію не витрачається енергія.

9. Охарактеризуйте процес полегшеної дифузії.

Під час процесу полегшеної дифузії речовини долають мембрану шляхом взаємодії із транспортними білками. Великі полярні молекули транспортуються білками-носіями, а заряджені йони – білками трансмембранних каналів. Як і під час простої дифузії, полегшена дифузія відбувається за електрохімічним градієнтом і на неї не витрачається енергія. У білку-носію в процесі переносу речовини через мембрану відбуваються різні просторові зміни форми його молекули в результаті внутрішнього обертання окремих її ділянок без розриву хімічних зв'язків. Полегшена дифузія – обмежений у швидкості та насиченості процес, тому що залежить від кількості білків-носіїв, що знаходяться в мембрані, та кількості трансмембранних каналів.

10. Що являє собою електрохімічний градієнт?

Електрохімічний градієнт представляє собою рушійну силу потоку йонів. Він є комбінацією мембранного потенціалу та градієнту концентрації речовини. Мембранний потенціал характеризує рух тільки йонів через мембрану і спрямований у бік їх протилежного заряду. Градієнт концентрації речовини характеризує рух речовини з області її високої концентрації до області низької концентрації.

11. Що таке осмос?

Вода – це мала полярна молекула, яка легко дифундує через клітинну мембрану по простору між молекулами. Проста дифузія води за градієнтом її концентрації називається осмосом. Процес осмосу відбувається із області з низькою концентрацією розчиненої у воді речовини (і з високою концентрацією води) в область з високою концентрацією розчиненої речовини (і з низькою концентрацією води). Це призводить до перерозподілу об'єму. Таким чином, осмос запобігає від набухання та обезводнення клітини.

12. Що таке осмотичний тиск?

Осмотичний тиск – це тиск частинок у розчині, який забезпечує градієнт концентрації, достатній для дифузії води.

13. Від чого залежить осмотичний тиск?

Величина осмотичного тиску пропорційна кількості частинок, які розчинені в одиниці об'єму рідини, і не залежить від їх розміру, тому що всі розчинені частинки, незалежно від їх розміру, володіють однаковою кінетичною енергією.

14. У чому полягає особливість активного транспорту речовин через клітинну мембрану?

Активний транспорт речовин через клітинну мембрану відбувається проти електрохімічного градієнту. Щоб пройти мембрану, їм необхідний транспортний білок. Це обмежений за швидкістю та насиченістю процес. Лімітуючим фактором

виступає необхідна кількість білка-носія. Для енергетичного забезпечення цього процесу необхідний гідроліз аденозинтрифосфату (АТФ).

15. Які типи активного транспорту речовин крізь клітинну мембрану Вам відомі?

Існує два типи активного транспорту речовин крізь клітинну мембрану, а саме, первинний та вторинний активний транспорт.

16. За рахунок чого відбуваються первинний та вторинний транспорт речовин крізь клітинну мембрану?

Первинний транспорт речовин крізь клітинну мембрану відбувається за рахунок енергії, що утворюється безпосередньо під час гідролізу аденозинтрифосфату або інших високоенергетичних фосфатів. У свою чергу, вторинний активний транспорт відбувається за рахунок енергії, що утворюється за допомогою первинного активного транспорту унаслідок неоднакових концентрацій йонів по обидва боки мембрани.

17. Який йонний насос слугує моделлю первинного активного транспорту?

Моделлю системи активного транспорту є натрій-калієвий насос ($Na^+ - K^+$ -насос). Він складається із двох α -субодиниць, які утворюють основний транспортний білок, та двох додаткових β -субодиниць. Цитоплазматична частина α -субодиниці зв'язує

одну молекулу АТФ та три йони внутрішньоклітинного Na^+ , які потім обмінює на два йони позаклітинного K^+ . Для одного циклу обміну необхідний гідроліз однієї молекули АТФ, тому що викачування іонів Na^+ та K^+ проти градієнту їх концентрацій потребує витрат енергії. У результаті дії натрій-калієвого насоса, коли відбувається обмін трьох внутрішньоклітинних іонів Na^+ на два позаклітинних йони K^+ , змінюється внутрішньоклітинний заряд на -1 .

18. Які форми вторинного активного транспорту речовин крізь клітинну мембрану Ви знаєте?

Вторинний активний транспорт речовин крізь клітинну мембрану характеризується двома формами: котранспорт і зустрічний транспорт.

19. У чому характерні відмінності між котранспортом та зустрічним транспортом?

Така форма активного транспорту, як котранспорт відбувається за умови, коли дві речовини долають клітинну мембрану односпрямовано за допомогою одного і того ж енергозалежного білка-носія. А зустрічний транспорт – це також одночасний переніс двох речовин через клітинну мембрану за допомогою одного білка-носія, але в протилежних напрямках.

20. Що являє собою йонний канал?

Йонні канали – це спеціалізовані білки клітинної мембрани, що утворюють гідрофільний прохід, через який

заряджені йони можуть долати клітинну мембрану за електрохімічним градієнтом. Діаметр більшості йонних каналів відіграє роль вибіркового фільтру, який дозволяє проходити йонам тільки одного типу. Зокрема, натрієві канали пропускають в основному йони натрію, а калієві канали – йони калію і не пропускають інші види йонів. Потік йонів, створюваний під час проходження заряджених йонів крізь мембранні канали, сприймається іноді як форма полегшеної дифузії, оскільки в цьому процесі бере участь транспортний білок.

21. Чим йонний канал відрізняється від пори?

Відмінність йонних каналів від пори полягає в тому, що останні – це щілини між молекулами ліпідів, які забезпечують просту дифузію в мембрані. У той час, як йонні канали являють собою шляхи з воротами, які знаходяться або у відкритому, або у закритому стані, тому регулюють швидкість потоку йонів крізь мембрану. Йони можуть проходити через канали, коли вони відкриті.

22. Які основні видозміни стану йонного каналу Вам відомі?

Йонний канал може знаходитись в трьох станах. Це стан спокою, активації та інактивації. Стан спокою характеризується тим, що канал закритий, проте готовий до відкриття у відповідь на хімічний або електричний імпульс. Стан активації

спостерігається тоді, коли канал відкритий і забезпечує проходження йонів. І стан інактивації відображає закриття каналу і нездатність до активації.

23. Опишіть участь хімічно регульованих йонних каналів у функціонуванні клітини.

Хімічно регульовані йонні канали тісно пов'язані із мембранними рецепторами. Зв'язування хімічного посередника з певним рецептором призводить до видозмін у каналі, які викликають його відкриття. Хімічно регульовані канали часто у відкритому стані можуть пропускати більше, ніж один тип однаково заряджених йонів. Наприклад, зв'язування ацетилхоліну з рецептором на мембрані скелетного м'яза активує хімічно регульований йонний канал, який у випадку наявності фізіологічного рівня мембранного потенціалу переносить йони натрію всередину клітини та йони калію із неї.

24. Поясніть особливість функціонування потенціалзалежних йонних каналів.

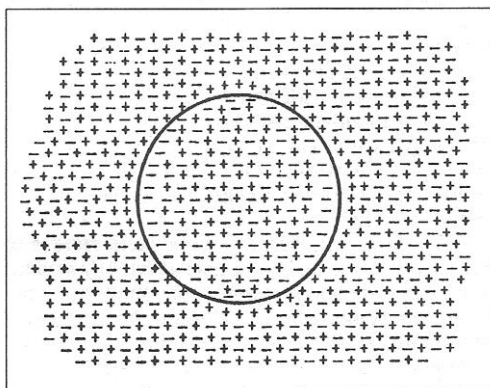
Потенціалзалежні йонні канали відкриваються у відповідь на зміну мембранного потенціалу. Зміни електричного поля навколо йонного каналу призводять до видозмін його білків, у результаті чого канал переходить у відкритий стан. Декілька вибіркових йонних каналів, що забезпечують клітинну збудливість, наприклад, Na^+ , K^+ , Ca^{2+} -канали, належать до потенціалзалежних.

25. Що таке мембранний потенціал спокою?

Мембранним потенціалом спокою називають різницю електричних потенціалів між внутрішньою та зовнішньою поверхнею мембрани в стані спокої, тобто за відсутності стимулу. У спокої всередині клітини існує надлишковий негативний заряд, тому мембранний потенціал також буде негативним.

26. Чому мембранний потенціал спокою негативний?

Негативний заряд мембранного потенціалу спокою пояснюється тим, що клітинна мембрана, яка знаходиться у стані спокою, більш придатна для проходження йонів K^+ . Оскільки концентрація K^+ усередині клітини значно більша, ніж назовні, K^+ через калієві канали виходять із клітини і створюють надлишок негативного заряду на цитоплазматичному боці клітинної мембрани. До того ж, натрій-калієвий насос у мембрані клітини, що знаходиться в стані спокою, залишається активним і також бере участь у створенні негативного заряду внутрішньої поверхні клітини.



27. Якими поняттями описують зміни мембранного потенціалу?

Зміни мембранного потенціалу описують такими поняттями, як поріг збудливості, деполяризація, реполяризація та гіперполяризація.

28. Що розуміють під поняттям поріг збудливості мембрани?

Поріг збудливості мембрани характеризує рівень мембранного потенціалу, достатнього для виникнення потенціалу дії.

29. Що таке деполяризація мембрани?

Деполяризація мембрани – це зменшення абсолютної величини негативного мембранного потенціалу клітини. Мембрана при цьому стає менш поляризованою, наприклад, зниження негативного потенціалу до 0 мВ . Такі зміни негативного потенціалу мають місце, коли йонні канали відкриті, що дозволяє йонам рухатись із однієї ділянки поверхні мембрани до іншої.

30. Що називають реполяризацією мембрани?

Підвищення абсолютної величини негативного мембранного потенціалу клітини після деполяризації, називають реполяризацією мембрани. Наприклад, зрушення мембранного потенціалу від нуля до негативних величин.

31. Яке явище називають гіперполяризацією мембрани?

Гіперполяризація мембрани виникає, коли збільшується мембранний потенціал клітини порівняно із вихідним потенціалом спокою.

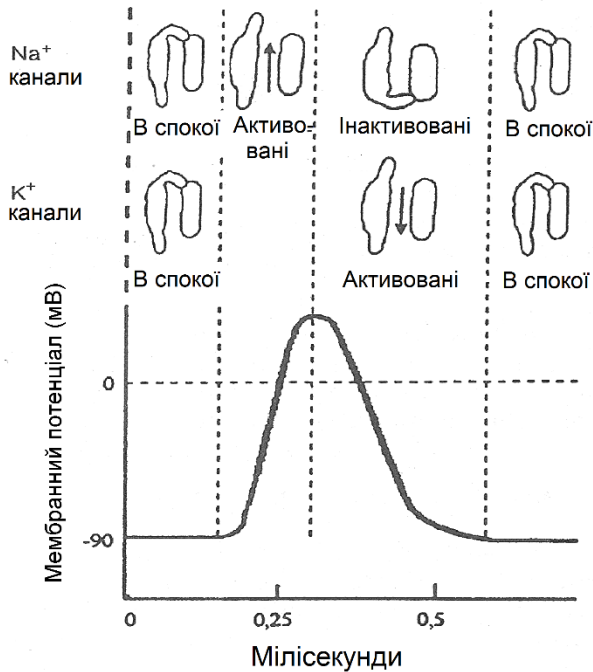
32. Що представляє собою потенціал дії?

Потенціал дії являє собою послідовність змін мембранного потенціалу, яка відбувається у відповідь на вплив зверхпорогових стимулів і призводить до збудження клітини.

33. Опишіть механізм виникнення потенціалу дії в клітинах.

Коли стимул досягнув мембрани клітини і його величина зросла до порогу збудливості, починає розгортатися потенціал дії. Початкова зміна мембранного потенціалу призводить до змін просторової конфігурації молекул білка, що знаходиться в натрієвих йонних каналах мембрани. Цей білок із стану спокою переходить в активний стан. Після відкриття натрієвих йонних каналів йони Na^+ за електрохімічним градієнтом надходять у клітину. Зростання їх концентрації на внутрішній поверхні клітинної мембрани викликає подальшу деполяризацію клітини і відкриття більшої кількості натрієвих йонних каналів. Потенціал дії починає розвиватись за принципом все або нічого і реалізує свою програму повністю, незалежно від інших змін в клітині. Оскільки деполяризація клітини продовжується, то відкриваються потенціалзалежні калієві йонні канали і йони K^+

починають за електрохімічним градієнтом виходити із клітини. У той же час довготривала деполяризація викликає інактивацію натрієвих йонних каналів. Унаслідок уповільнення надходження Na^+ і виходу позитивно заряджених йонів K^+ починається реполяризація клітини і повернення її мембранного потенціалу до вихідного рівня спокою. У багатьох клітинах процес реполяризації стимулює тимчасове збільшення мембранного потенціалу вище вихідного рівня, тобто потенціалу спокою. Це призводить до гіперполяризації клітини. Після відновлення вихідного рівня мембранного потенціалу натрієві та калієві йонні канали повертаються до стану спокою.



34. Чому у відповідь на деполяризаційний стимул потенціалзалежні натрієві йонні канали активуються раніше, ніж аналогічні калієві?

Натрієві йонні канали більш чутливі до потенціалу, ніж калієві, тобто активуються при більш негативних величинах мембранних потенціалів. Для активації натрієвих каналів достатньо навіть незначної деполяризації мембран, тобто незначного зменшення мембранного потенціалу від рівня спокою. Канали швидко відкриваються і пропускають йони Na^+ . Активація ж менш чутливих до потенціалу калієвих каналів відбувається при більш значній зміні мембранного потенціалу, яка спостерігається під час подальшого збудження клітини. Отже, підвищення прохідності мембрани для йонів калію стається пізніше.

35. Що називають періодом рефрактерності?

Періодом рефрактерності називається час після потенціалу дії, протягом якого не можуть виникнути інші потенціали дії.

36. Який фізіологічний механізм забезпечує період рефрактерності?

Появу періоду рефрактерності забезпечує тривала інактивація потенціалзалежних натрієвих йонних каналів та активація калієвих каналів, що розвиваються після запуску потенціалу дії.

37. Як період рефрактерності захищає клітину від перезбудження?

Період рефрактерності забезпечує між потенціалами дії проміжок часу, необхідний для відновлення ресурсів клітини і, таким чином, захищає її від занадто швидкої повторної стимуляції, яка небезпечна для її нормального функціонування.

38. З яких фаз складається період рефрактерності?

Період рефрактерності складається із абсолютної та відносної рефрактерності.

39. Поясніть відмінності між періодами абсолютної та відносної рефрактерності.

Період абсолютної рефрактерності виникає з початком інактивації натрієвих йонних каналів під час розвитку потенціалу дії і продовжується до моменту, поки натрієві канали не повернуться до стану спокою після відновлення потенціалу спокою мембрани. У цей період другий потенціал дії, незалежно від сили стимулу, виникнути не може. Що стосується періоду відносної рефрактерності, то він характеризується періодом часу, що виникає одразу після закінчення потенціалу дії, протягом якого зверхпороговий стимул може викликати другий потенціал дії. Це пояснюється тим, що деякі натрієві йонні канали повертаються до стану спокою і можуть бути знову активовані. Період відносної рефрактерності в циклі розвитку потенціалу дії завжди слідує за періодом абсолютної рефрактерності.

Роль центральної нервової системи в організації рухової діяльності людини

1. Якими шляхами сенсорна та рухова інформація потрапляє до структури центральної нервової системи?

Сенсорна та рухова інформація до органів управління руховою діяльністю людини надходить по аферентним, або по іншому, висхідним нервовим шляхам.

2. Які аферентні (висхідні) нервові шляхи Вам відомі?

До аферентних нервових шляхів належать тонкий пучок Голля, клиноподібний пучок Бурдаха, бічний і передній спинномозково-таламічні шляхи, задній спинномозково-мозочковий шлях Флексига та передній спинномозково-мозочковий шлях Говерса.

3. Яку інформацію для органів управління рухами несуть тонкий пучок Голля та клиноподібний пучок Бурдаха?

Волокна тонкого пучка Голля надають відділам центральної нервової системи інформацію від пропріорецепторів м'язів, рецепторів сухожилків, тактильних рецепторів шкіри, що розташовані у нижній частині тіла, насамперед у нижніх кінцівках. У свою чергу, клиноподібний пучок Бурдаха проводить збудження від рецепторів верхньої частини тулуба, включаючи і верхні кінцівки.

4. Чому інформація, що надається через тонкий пучок Голля і клиноподібний Бурдаха, є найважливішою для соматосенсорної системи людини?

Тонкий пучок Голля та клиноподібний Бурдаха надають для органів управління рухами інформацію, яка дає можливість дуже точно визначати локалізацію подразнень та їх зміну за простором і часом. Крім того, оскільки волокна цих пучків мієлінізовані, то швидкість проведення збудження по ним значна ($60\text{--}100\text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$).

5. Якою інформацією забезпечують структури центральної нервової системи, що надходить від бічного та переднього спинномозково-таламічних шляхів?

Бічний спинномозково-таламічний шлях надає інформацію про температурну та больову чутливість тіла людини, а передній спинномозково-таламічний шлях інформує структури центральної нервової системи про тактильні відчуття. Їх швидкість проведення збудження, порівняно із пучком Голля та клиноподібним пучком Бурдаха, значно менша і становить усього $1\text{--}30\text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$.

6. Від яких рецепторів проводить сигнали до органів управління рухами задній спинномозково-мозочковий шлях Флексига?

Заднім спинномозково-мозочковим шляхом Флексига зі швидкістю $140\text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ передаються сигнали від рецепторів м'язів і сухожилків.

7. Яку інформацію передає до структур центральної нервової системи передній спинномозково-мозочковий шлях Говерса?

Волокнами переднього спинномозково-мозочкового шляху Говерса до структур центральної нервової системи передається інформація від сухожилкових, шкіряних та пропріорецепторів. Швидкість проведення збудження по цим волокнам становить до $120 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$. Ця інформація є важливою з точки зору підтримання тону м'язів, координації рухів, збереження рівноваги тіла.

8. Які функції щодо управління рухами виконує головний мозок?

Головний мозок виконує три основні функції, що пов'язані з управлінням рухами, а саме: мотивацію, усвідомлення, збудження м'яза.

9. Накресліть схему збудження рухового нейрона потоком інформації, що проходить крізь нервову систему.

Збудження рухового нейрона можна представити у вигляді схеми.

Основними компонентами цієї схеми є:

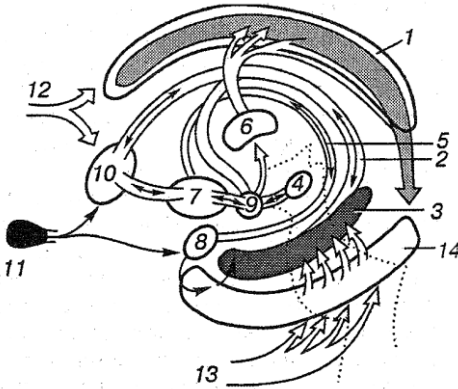
- 1) мотивація;
- 2) мислення;
- 3) програмування;
- 4) виконання.



10. Яку функцію у забезпеченні людини руховою діяльністю виконує лімбічна система?

Лімбічна система організму забезпечує мотивацію багатьох рухів. Вона керує основними біологічними спонуканнями та емоційною поведінкою людини, включаючи такі прояви, як голод, спрага, розмноження, материнська поведінка, налагодження суспільних відносин. Лімбічна система може викликати і зміну збудливості нейронів, які безпосередньо беруть участь у русі. Лімбічна система може ініціювати реакції поведінки через сенсорно-моторну систему, яка перетворює мотивацію в думку, та ініціює взаємодії між відділами головного мозку, що завершуються вказівкою на виконання руху.

11. Що являє собою лімбічна система?



1 – звивина пояса; 2 – склепіння; 3 – морський коник; 4 – лімбічна ділянка середнього мозку; 5 – кінцева смужка; 6 – таламус; 7 – гіпоталамус; 8 – мигдалеподібне тіло; 9 – сосочкове тіло; 10 – прозора перетинка; 11 – нюхова цибулина; 12 – кора лобової частки; 13 – кора скроневої частки; 14 – приморськоконикова звивина

Лімбічна система – це частина структур передньої долі головного мозку, яка пов’язана із гіпоталамусом і частиною середнього мозку. Характерним для лімбічної системи є численні нервові ланцюги, що об’єднують у замкнену мережу різні її складові. Цим забезпечується виконання лімбічною системою інтегративних функцій між чутливою, руховою та гомеостатичною системами організму.

12. Поясніть інтегративні функції гіпоталамуса.

Гіпоталамус є важливою ланкою лімбічної системи. Він регулює більшість життєво важливих функцій організму, таких як температуру тіла, ЧСС, кров’яний тиск, споживання води та їжі. До структури гіпоталамусу входять сірий горб, лійка, яка закінчується гіпофізом, та сосочкові тіла. Він об’єднує декілька

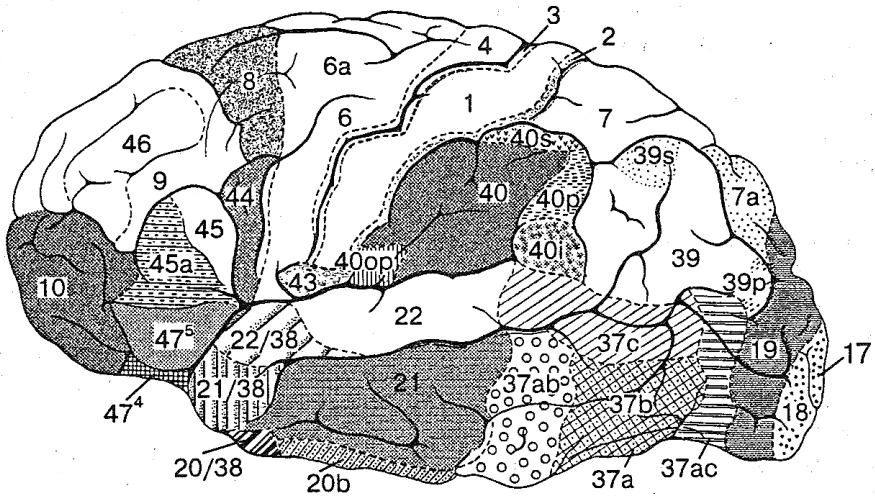
десятків ядер. Гіпоталамус визначається як найвищий інтегративний центр нервової системи. Він має аферентні зв'язки із сітчастим утвором, таламусом, корою головного мозку, лімбічними структурами, підкірковими ядрами та спинним мозком, що дає можливість йому отримувати інформацію про зовнішнє та внутрішнє середовища. Еферентними зв'язками гіпоталамус пов'язаний із автономними та соматичними ядрами головного мозку, симпатичними центрами спинного мозку, таламусом, гіпофізом, структурами лімбічної системи і середнім мозком. Таким чином, гіпоталамус як вищий інтегративний центр відповідає за активацію рухових, вегетативних та ендокринних функцій під час різної поведінки людей.

13. Яку роль у передачі інформації відіграє таламус?

Таламус представляє собою скупчення сірої речовини, яка займає основну масу проміжного мозку. Таламус розташовується по центру між півкулями великого мозку, нижньою поверхнею межує з гіпоталамусом, його бічні поверхні відокремлені внутрішньою капсулою від підкіркових ядер, а присередні поверхні утворюють бічні стінки III шлуночка мозку. Таламус об'єднує і розподіляє більшу частину сенсорної і рухової інформації, яка потрапляє в кірку головного мозку. Він приймає вхідний сигнал про соматичне відчуття, від слухового та зорового аналізаторів і передає інформацію в мозочок, базальні ядра і основну сенсорно-рухову зону кірки головного мозку.

14. Опишіть будову кірки півкуль головного мозку.

Кірка півкуль головного мозку – це тонкий шар сірої речовини, в якому знаходяться нейрони і клітинні нейрони. Цей шар вкриває всю поверхню півкуль головного мозку. За будовою кірку головного мозку поділяють на макроскопічну (архітектоніка) та мікроскопічну (цитоархітектоніка) структури. Мікроскопічна структура – це тонкий шар сірої речовини. Його товщина складає в різних ділянках від 1,3 до 4,5 мм. У цьому шарі речовини зосереджено близько 10^{10} нейронів та майже у 10 разів більше нейрогліальних клітин (гліоцитів). У кірці головного мозку розрізняють шість шарів, а саме, молекулярний, зовнішній зернистий, зовнішній пірамідний, внутрішній зернистий, внутрішній пірамідний та багатоформний. Ці шари виконують різні функції. Через перші чотири шари отримуються і поширюються аферентні сигнали. У глибших шарах починаються еферентні шляхи кірки. Крім того, у кірці є так звані колонки, які утворюються з клітин із подібними властивостями і функціями. Вони розміщені перпендикулярно до поверхні кірки. Клітини колонок призначені для сприйняття інформації. Що стосується макроскопічної структури, то К. Бродман поділив усю кірку головного мозку на 52 ділянки:



З точки зору активації рухового апарату людини пріоритетними зонами виступають асоціативна, що включає 6, 8, 18, 19, 22, 44, 45 ділянки, у тому числі тім'яну зону (5, 7), та сомато-сенсорна (1, 2, 3) із руховою зоною (4, 6) у своєму складі.

15. Яку головну роль виконує кірка головного мозку в управлінні рухами?

Кірка головного мозку є головним інтегруючим центром сенсорного вхідного сигналу і рухового вихідного сигналу.

16. Яку роль в управлінні рухами відіграє асоціативна зона кірки головного мозку?

Потреби, що виражаються лімбічною системою, аналізуються та інтегруються в думки асоціативною зоною кірки головного мозку (префронтальною, тім'яною та скроневою).

17. Які компоненти наповнюють сомато-сенсорну зону кірки головного мозку?

Сомато-сенсорна зона кірки головного мозку включає в себе ділянки, які розташовуються безпосередньо попереду та позаду центральної борозни головного мозку. До неї також входять основна рухова зона, додаткова рухова зона, пре рухова зона. Двома задніми компонентами виступають основна сомато-сенсорна зона кірки головного мозку та задня тім'яна. Вся сомато-сенсорна зона взаємодіє із низхідним шляхом, відомим як корково-спінальний тракт.

18. Яку відповідальність за певні аспекти руху несуть кожна із компонентів сомато-сенсорної зони кірки головного мозку?

Кожна ділянка сомато-сенсорної зони кірки головного мозку несе відповідальність за певні аспекти генерування руху. Так, моторна зона кірки головного мозку відповідає за правильну орієнтацію тіла і кінцівок під час руху і сенсорний контроль за ним. Премоторна зона активна також при засвоєнні нового рухового завдання. Задня тім'яна інтерпретує та перетворює сенсорну інформацію, в результаті чого рух узгоджується з умовами навколишнього середовища. Додаткова рухова зона важлива для планування руху. Ця зона активна також під час здійснення уявних рухів (так зване ідеомоторне тренування). Головна функція основної сомато-сенсорної зони – забезпечення сенсорною інформацією, яка необхідна для конкретного планування та ініціювання руху і для здійснення

безперервного руху. Основна рухова зона кірки головного мозку синтезує вхідний сигнал від інших частин ЦНС, генерує та передає центральну вказівку нейронам стовбура мозку та спинного мозку для ініціювання руху.

19. Чи підпорядковані ієрархічно один одному компоненти сомато-сенсорної зони кори головного мозку?

Компоненти сомато-сенсорної зони кори головного мозку (основна і додаткові рухові зони, прерухова зона, основна сомато-сенсорна зона, задня тім'яна) ієрархічно не підпорядковані один одному. Це дозволяє різним компонентам сомато-сенсорної зони ставати пріоритетними залежно від особливості руху.

20. Поясніть участь стовбура мозку в процесі управління рухами.

Стовбур мозку складається із середнього мозку, варолієвого мосту та довгастого мозку. Він з'єднує собою головний мозок зі спинним мозком. Через нього проходять усі сенсорні та рухові нерви, які забезпечують обмін інформацією між головним і спинним мозком. Тут беруть початок десять із дванадцяти пар черепних нервів. У стовбурі мозку також є основні автономні регуляторні центри, які контролюють діяльність дихальної та серцево-судинної систем.

21. Доведіть необхідність ретикулярної формації в забезпеченні рухової діяльності людини?

Ділянка спеціальних нейронів, які утворюють своєрідну мережу, що проходить по всій довжині стовбура мозку, відома

як ретикулярна формація. Її нейрони мають від одного до шести розгалужених дендритів і аксон. Кожний аксон, у свою чергу, розгалужений на дві гілки. Перша з них утворює сітчастоспинномозкові шляхи, а друга – висхідні шляхи. Крім того, до нейронів ретикулярної формації підходить значна кількість колатералей від усіх висхідних шляхів, що пронизують стовбур мозку, а також від низхідних шляхів, які беруть початок від вищих відділів мозку, в тому числі від кірки головного мозку та мозочка. Таким чином, ретикулярна формація підлягає впливу і сама впливає практично на всі ділянки ЦНС. Особливістю функціонування нейронів ретикулярної формації є те, що майже кожен із них може реагувати на декілька подразників (явище так званої полісенсорності), наприклад, на больові та звукові подразнення, на дотик до шкіри та дію світла. Обумовлені функціональні особливості нейронів ретикулярної формації сприяють координації функцій скелетних м'язів, підтриманню м'язового тону, контролю за діяльністю серцево-судинної та дихальної систем, пробудженню і сну, управлінню положенням тіла на основі інтегрування інформації, наданої вестибулярним апаратом.

22. Обґрунтуйте функцію мозочка як компоратора.

Мозочок розташовується позаду стовбура мозку. Це незвичайна структура, в якій утримується більше половини нейронів головного мозку. Він складається з трьох відділів, а саме, правої та лівої півкуль та черв'яка між ними. Функціонально мозочок поділяється на три відділи:

спинномозковий мозочок, церебральний мозочок і вестибулярний мозочок. Усі вони приймають вхідний сигнал і подають вихідний сигнал до різних частин ЦНС. Зв'язок з іншими структурними утворами мозку відбувається за допомогою трьох пар ніжок. Так, нижні ніжки зв'язують мозочок зі спинним і довгастим мозком. Середні ніжки обгортають довгастий мозок. Розширяючись, вони переходять на міст, що поєднує мозочок з кіркою головного мозку. Через верхні ніжки проходять аферентні та еферентні шляхи, такий як передній спинномозково-мозочковий шлях Говерса та інші. Завдяки таким зв'язкам мозочок приймає вхідний сигнал від периферії (соматосенсорна і візуальна інформація), вестибулярну інформацію і сигнали від кірки головного мозку. Різноманітність отримуваної мозочком інформації дає йому можливість виконувати функцію компаратора, тобто порівнювати рухи, які хоче здійснити ЦНС, із тими, які мають місце фактично.

23. Які теорії функціонування мозочка Вам відомі?

Вчені виділяють три теорії функціонування мозочка: регулювальний пристрій, навчальний пристрій і координатор. Як регулювальний пристрій припускають, що кірка головного мозку ініціює рух в результаті збудження м'яза агоніста. Мозочок, у свою чергу, внаслідок великої кількості гальмівних нейронів у своїй кірці, зупиняє цей рух у необхідному положенні частин тіла. Крім того, кожні 100 мс мозочок завдяки

значним гальмівним зв'язкам припиняє сприймати попередню інформацію і здатний до приймання нової. Отже, маючи таку властивість, мозочок бере участь в оперативному управлінні рухом. Як навчальний пристрій – в результаті закріплення вхідних і вихідних сигналів, тобто мозочкові нейрони модифікуються досвідом, у результаті чого часто повторювані вхідні сигнали проходять через одні і ті ж синапси, що дозволяє мозочку засвоювати відповідний рух, формуючи його як рухову навичку. Мозочок може також слугувати і як координатор роботи м'язів від простих рухових актів до складних форм рухової активності. Цей процес зумовлений проміжком часу, необхідного, щоб від кірки головного мозку надійшли імпульси через кірково-спинномозковий шлях до м'язів і в зворотному напрямку від чуттєвих закінчень. Мозочок завдяки системі зворотного зв'язку з кіркою головного мозку встигає оцінити цю інформацію і забезпечує миттєву корекцію кількості імпульсів, що надходять від рухової зони кірки. До того ж, він перешкоджає утягненню в роботу «зайвих» м'язових груп.

24. Яким чином базальні ядра пов'язані з плануванням руху?

Базальні ядра (хвостате ядро, сочевицеподібні ядра, бліда куля, чорна речовина) приймають основний вхідний сигнал від кірки головного мозку і подають більшу частину свого вихідного сигналу через таламус назад в кірку головного мозку. Вони представляють собою проміжну ланку між немоторною

кіркою головного мозку і основною руховою зоною кірки головного мозку. Базальні ядра пов'язані з плануванням руху таким чином, що вони кодують вихідні нейрони для різних аспектів руху, наприклад, напрямку, амплітуди і швидкості. Проте вони не збуджують конкретні м'язи і не здійснюють запуск рухових програм.

25. Який подальший шлях думки у ході збудження рухового нейрона?

Думки проектується на соматосенсорну зону кірки головного мозку, зокрема прерухову та рухову, базальні ядра і мозочок для розробки програми здійснення руху. Програмування пов'язане з перетворенням думки в належне зусилля і схему м'язової діяльності. У ході створення програми рухова зона кірки головного мозку забезпечує зв'язок з головним мозком більшості рухових нейронів. А базальні ядра, мозочок можуть незалежно впливати на рухові нейрони через стовбур мозку.

26. Що називають центральною вказівкою?

Нервовий вихідний сигнал, який утворюється в процесі програмування, відомий як центральна вказівка. Він передається в нижчі нервові центри (стовбур мозку і спинний мозок), так і в зворотному напрямку до вищих відділів нервової системи, які беруть участь у розробці рухової програми. Центральна вказівка визначає м'язи, які необхідно активізувати, силу скорочення та час цього скорочення.

27. Що таке результуючий розряд?

Передача нервового вихідного сигналу, який утворився в процесі програмування, в зворотному напрямку до вищих нервових центрів називається результуючим розрядом. Він є опорним сигналом, який дозволяє системі управління рухами інтерпретувати аферентні сигнали, що надходять до неї.

28. Що розуміють під руховою програмою?

Збудження центральною вказівкою нижчих нервових центрів ініціює фазу виконання руху. Вона включає збудження рухових нейронів як у м'язах, які безпосередньо пов'язані з рухом, так і в тих м'язах, які повинні забезпечувати стійкість пози тіла. Стереотипна послідовність вказівок, які надходять із спинного мозку до м'язів для забезпечення конкретної дії, відома як рухова програма.

29. Якими нервовими шляхами рухова програма надходить до м'язів?

Ланцюг анатомічно і функціонально пов'язаних нейронів, що забезпечують проведення нервових сигналів від центральної нервової системи до м'язів, називається еферентним (низхідним) шляхом. Ефекторні шляхи, які беруть свій початок від нейронів кірки головного мозку, називаються кірковими. Ці нейрони знаходяться у п'ятому шарі кірки. Нервові клітини, що утворюють кіркові шляхи, за своєю формою є пірамідними. Тому кіркові шляхи мають ще іншу назву – пірамідні. До пірамідних шляхів належать бічний кірково-спинномозковий та

передній кірково-спинномозковий. Аксони цих двох шляхів закінчуються в певних сегментах спинного мозку. У людини тільки незначна кількість (до 10 %) аксонів цих шляхів закінчується безпосередньо на рухових нейронах. У більшості випадків ці волокна спочатку контактують із вставними нейронами кожного сегменту. Пірамідні шляхи забезпечують виконання складних довільних рухів людини. Провідні шляхи, що беруть свій початок від нейронів стовбура головного мозку, називаються екстрапірамідними. До них належать присінково-спинномозковий (вестибулоспінальний), червоноядерно-спинномозковий (руброспінальний), бічний і присередній сітчасто-спинномозкові (ретикулоспінальні) шляхи. Призначення червоноядерно-спинномозкового шляху – управління м'язовим тонусом і здійснення мимовільної координації рухів. Присінково-спинномозковий шлях забезпечує підтримання тонуру скелетних м'язів, рівноваги тіла та координацію рухів. Присередній і бічний сітчасто-спинномозкові шляхи беруть свій початок від нейронів, що знаходяться у сітчастому утворі моста та довгастому мозку. Волокна цих шляхів, що йдуть від довгастого мозку, збуджують α і γ -мотонейрони м'язів-згиначів і при цьому гальмують мотонейрони м'язів-розгиначів. У свою чергу, волокна, що відходять від моста, мають протилежний вплив.

30. Як забезпечується ефективність виконання руху із умовами навколишнього середовища?

У доповнення до еферентних вказівок, які передаються руховим нейронам, фаза виконання включає модифікування рухів за посередництва зворотного зв'язку від чуттєвих нервових закінчень (м'язові веретена, сухожилкові органи, суглобові рецептори, шкіряні механорецептори). У результаті збудження цих рецепторів утворюється аферентний вхідний сигнал, який діє на сегментарному рівні, а також надходить по висхідним шляхам до вищих відділів нервової системи. Хоча цей вхідний сигнал і може бути достатнім для ініціації руху, наприклад, соматичних рефлексів, проте зазвичай він використовується для забезпечення узгодженості між рухом та оточуючим середовищем.

31. Який клас нейронів забезпечує взаємодію вхідного і вихідного сигналів?

Взаємодія вхідного (рухова програма) і вихідного (від чуттєвих нервових закінчень) сигналів здійснюється мережею проміжних нейронів, які перетворюють аферентний вхідний сигнал у відповідні розряди рухового нейрона. У результаті цього вхідний сигнал до мотонейрона відповідає умовам, отриманим за допомогою чуттєвих нервових закінчень.

32. Що Вам відомо про генератори центральних структур?

Якщо конкретне аферентно-еферентне перетворення відбувається досить часто, то нервова мережа може «навчатись».

Вона стає більш економічною і може збуджуватись мінімальним вхідним сигналом. Такі нервові мережі відомі як генератори центральних структур.

33. Яка будова спинного мозку?

Спинний мозок є частиною центральної нервової системи. Він має вигляд тяжу і розташовується у хребетному каналі. Компонентами спинного мозку є нервові клітини, нервові волокна та нейроглії. Клітини, які розташовуються всередині мозку, утворюють його сіру речовину, а волокна, що знаходяться зовні, – білу речовину. Спинний мозок складається із 31 сегменту, які подібні за своєю будовою: 8 шийних, 12 грудних, 5 поперекових, 5 крижових та 1 куприкового.

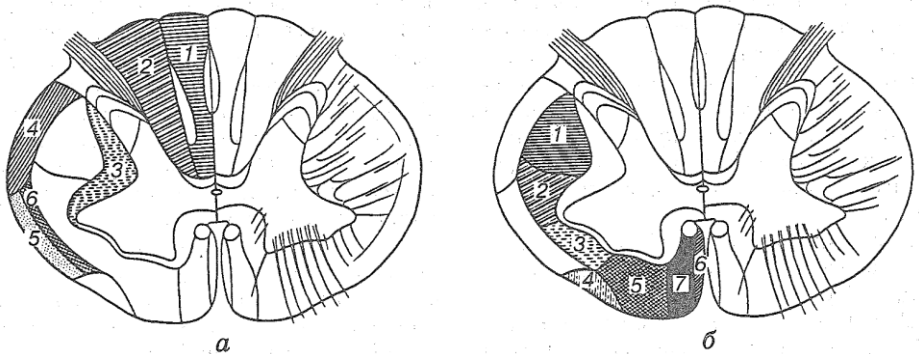
34. Що являє собою сіра речовина спинного мозку?

Сіра речовина спинного мозку має передні і задні роги, з'єднані між собою за допомогою широкої перетинки сірої речовини, так званої центральної проміжної речовини. Через центральну проміжну речовину проходить центральний канал. Крім того, у грудних та верхніх поперекових сегментах спинного мозку знаходяться бічні роги сірої речовини. Основну масу передніх рогів сірої речовини складають рухові нейрони. Вони утворюють у поздовжньому напрямку передні стовпи, що мають різну товщину. У задніх рогах сірої речовини знаходяться нейрони, які пересилають сигнали від чутливих нейронів. До цих нейронів у складі задніх корінців йдуть центральні відростки нейронів чутливих спинномозкових вузлів.

Наповненням бічних рогів є центр симпатичної нервової системи та нейрони спинномозково-мозочкового шляху.

35. Що таке біла речовина спинного мозку?

Біла речовина спинного мозку заповнена аксонами нейронів спинного та головного мозку, вузлів спинномозкових нервів. Вона утворює канатики спинного мозку, а саме, передній, задній і бічний. Деякі волокна білої речовини не виходять за межі спинного мозку. Разом з тим, існують довші волокна, що з'єднують спинний мозок з головним. У білій речовині спинного мозку локалізуються основні аферентні та еферентні шляхи:

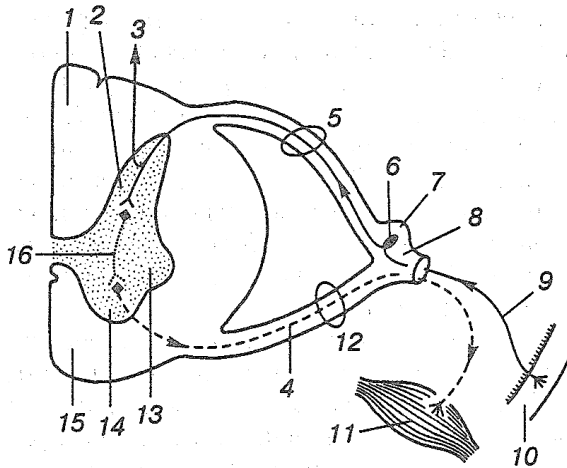


Локалізація основних аферентних (а) та еферентних (б) шляхів у спинному мозку:

- а: 1 – тонкий пучок (Голля); 2 – клиноподібний пучок (Бурдаха); 3 – дорсобічний пучок; 4 – спинномозково-мозочковий шлях (Флексига); 5 – спинномозково-мозочковий шлях (Говерса); 6 – дорсальний спинномозково-таламічний пучок;
- б: 1 – бічний кірково-спинномозковий шлях (пірамідний); 2 – червоноядерно-спинномозковий шлях (Монакова); 3 – дорсальний присінково-спинномозковий; 4 – оливо-спинномозковий; 5 – сітчасто-спинномозковий та передній присінково-спинномозковий; 6 – покрівельно-спинномозковий; 7 – передній кірково-спинномозковий (пірамідний)

36. Коротко поясніть будову спинномозкових нервів.

Від спинного мозку людини починається 31 пара спинномозкових нервів. Вони утворюються з двох частин: переднього рухового та заднього чутливого корінців. На задніх корінцях у вигляді потовщення знаходиться чутливий вузол спинномозкового нерву. У ньому розміщені тіла чутливих (аферентних) нейронів. Периферичний аксон цих нейронів пересилає інформацію від периферичних рецепторів, а центральний аксон з'єднується із спинним мозком. Із передніх корінців виходять аксони рухових нейронів спинного мозку:



Будова спинного мозку і його рефлекторна дуга:

1 – задній канатик; 2 – задній ріг; 3 – висхідні (аферентні) шляхи;
4 – рухові (еферентні) волокна; 5 – задній корінець; 6 – чутливий нейрон;
7 – чутливий (спинномозковий) вузол; 8 – стовбур (спинномозкового) нерва;
9 – периферичний аксон чутливого нейрона; 10 – шкіра; 11 – м'яз; 12 – передній корінець;
13 – бічний ріг; 14 – передній ріг; 15 – передній канатик; 16 – вставний (проміжний) нейрон

37. З яких нервових клітин складається спинний мозок?

Нервові клітини спинного мозку складаються із рухових нейронів і вставних (проміжних, інтернейрони). Вставних нейронів орієнтовно в 30 разів більше, ніж рухових.

38. Охарактеризуйте властивості рухових нейронів спинного мозку.

Рухові нейрони спинного мозку поділяються на α - та γ -мотонейрони. Вони іннервують різні за функціями скелетні м'язи. α -мотонейрони являють собою великі нервові клітини з довгими дендритами. На тілі й дендритах цих нервових клітин розміщені від 10 до 20 тисяч синапсів. Більшість синапсів утворена закінченнями вставних нейронів. Висока швидкість проведення збудження ($70\text{--}120 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$) є особливістю аксонів α -мотонейронів. Іншою особливістю цих нейронів є те, що частота імпульсації, яка викликає потенціал дії, не перевищує $10\text{--}20 \text{ імн}\cdot\text{с}^{-1}$. Це зумовлено тривалою гіперполяризацією, що виникає після кожного потенціалу дії. γ -мотонейрони характеризуються значно меншими розмірами і розсіяні між α -мотонейронами. Їх аксони мають невеликий діаметр, що впливає на малу швидкість поширення збудження ($10\text{--}40 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$). Проте, незначна гіперполяризація дає їм можливість розряджатись з частотою від 300 до 500 $\text{імн}\cdot\text{с}^{-1}$. γ -мотонейрони

не взаємодіють практично з первинними аферентними волокнами, однак, активуються волокнами низхідних шляхів.

39. У чому полягають особливості вставних нейронів спинного мозку?

Вставні нейрони являють собою різноманітну групу нервових клітин: проміжні, інтернейрони, клітини Реншоу. Їх спільною особливістю є те, що синаптично взаємодіють вони тільки з іншими нейронами, а розмір ще менший, ніж γ -мотонейрони. Оскільки у них ледве прослідковується гіперполяризація, то мають можливість до генерації значної частоти збудження (понад $1000 \text{ imp}\cdot\text{c}^{-1}$). Навіть на незначне поодиноке подразнення вставні нейрони відповідають ритмічним розрядом. Проміжні нейрони модулюють взаємодію аферентного (вхідного) та еферентного (вихідного) сигналів, а також можуть стимулювати збудливі і гальмівні реакції інших нейронів. Крім того, у випадку сприйняття еферентним нейроном інформації із інших структур ЦНС, проміжний нейрон спроможний модулювати цю взаємодію. Клітини Реншоу забезпечують гальмівні постсинаптичні потенціали. Вони приймають імпульси від колатералей відведень аксонів рухових нейронів та м'язових рецепторів.

Активация скелетних м'язів нервовою системою

1. Що називають руховою одиницею?

Рухова одиниця – основна функціональна одиниця нервово-м'язової системи людини. Визначається як соматична клітина і дендрити рухового нейрона, багаточисельні розгалуження його аксона і м'язові волокна, які він іннервує.

2. Якими властивостями володіє нервовий компонент рухової одиниці?

До нервового компоненту рухової одиниці входять тіло клітини, чисельні дендрити та аксон із своїми розгалуженнями. Властивість нервового компоненту характеризують за морфологією, збудливістю та розподілом вхідної інформації.

3. Охарактеризуйте нервовий компонент рухової одиниці за морфологічною ознакою.

Коли намагаються охарактеризувати нервовий компонент рухової одиниці за морфологічною ознакою, то розмірковують про розмір рухового нейрона, а саме, діаметр соми, площу поверхні соматичної клітини, кількість дендритів, що входять у сому, діаметр аксона. Так, рухові нейрони, які «обслуговують» швидкісноскоротливі м'язові волокна, більші, ніж ті, які іннервують повільноскоротливі волокна.

4. Поясніть особливості збудливості нервового компоненту рухової одиниці.

Між розміром рухового нейрона та його збудливістю існує тісний взаємозв'язок. У даному випадку потрібно говорити про

реобазу мотонейрона, тобто безпосередню міру збудливості, яка показує якої сили струм необхідно увести в руховий нейрон, щоб викликати утворення потенціалу дії. Реобаза, тобто сила струму, невеликих рухових нейронів набагато менше реобаз великих рухових нейронів. Проте швидкість розповсюдження потенціалів дії більш висока у великих рухових нейронів, чим у невеликих. Отже, невеликі рухові нейрони швидше збуджуються, однак розповсюджують потенціал дії з меншою швидкістю, ніж великі рухові нейрони.

5. Яким чином розподіл вхідної інформації характеризує нервовий компонент рухової одиниці?

Рухові нейрони мають розгалужену мережу дендритів, які сприймають біля 80 % вхідного сигналу, спрямованого в клітину. Разом з тим, вхідний сигнал із різних джерел неоднаково впливає на утворення потенціалу дії руховим нейроном. Це може бути пояснено кількістю і розташуванням синапсів, які зв'язані з кожною системою утворення сигналу.

Існує три шляхи розподілу вхідних сигналів: мінімальний, рівномірний і максимальний. Мінімальний вхідний сигнал від аференту м'язового веретена – найменш ефективний синаптичний струм до найбільших рухових нейронів. Рівномірний вхідний сигнал виходить із м'язового веретена, розташованого у м'язі-антагоністі, а також із проміжного нейрона, тобто клітини Реншоу. Він є гальмівним сигналом до всіх рухових нейронів. Максимальний вхідний сигнал надходить

із ядер стовбура мозку, а саме, червоних ядер, та із нерва, який утримує інформацію, що потрапляє до нього із рецепторів шкіри. Максимальний вхідний сигнал спрямовується до найбільших рухових нейронів.

6. Від яких показників залежить активація рухового нейрона?

Активація мотонейрона залежить від властивої йому збудливості та від розподілу вхідного сигналу, який він приймає.

7. Що називають коефіцієнтом іннервації?

Хоча м'язове волокно іннервується окремим руховим нейроном, кожний мотонейрон іннервує більше одного м'язового волокна. Кількість м'язових волокон, які іннервуються окремим руховим нейроном, називається коефіцієнтом іннервації. Наприклад, для м'яза литки коефіцієнт іннервації становить 1:1900, а для зовнішнього м'яза ока – 1:15. Таким чином, один руховий нейрон може іннервувати від 15 до 1900 м'язових волокон.

8. Як коефіцієнт іннервації пов'язаний із контролем м'язової сили?

Коефіцієнт іннервації контролює величину прояву сили, утворюваної м'язом в тій чи іншій руховій ситуації. Чим нижче коефіцієнт іннервації, тим досконаліший контроль м'язової сили з точки зору активації рухової одиниці.

9. Чи змінюється коефіцієнт іннервації з віком людини?

Кількість м'язових волокон, які належать одній і тій же руховій одиниці, збільшується з віком. Це зумовлено зміною коефіцієнту іннервації. Деякі рухові нейрони вироджуються і помирають, що призводить до того, що аксони інших рухових одиниць утворюють більше розгалужень і іннервують м'язові волокна, які втратили аксонний зв'язок. Отже, з віком кількість рухових одиниць зменшується, натомість у тих рухових одиницях, що залишаються, зростає кількість іннервованих м'язових волокон.

10. Що таке нервово-м'язовий компартмент?

В різних ділянках м'яза можуть знаходитися певні популяції рухових одиниць. Це явище називається нервово-м'язовим компартментом. М'язові волокна, які відносяться до однієї рухової одиниці, знаходяться в окремому нервово-м'язовому компартменті. Кількісне співвідношення типів м'язових волокон в компартменті одного м'яза може відрізнятися. Компартмент є не в усіх м'язах.

11. Якою функціональною особливістю володіють компартменти?

Функціональною особливістю компартментів є те, що вони можуть активуватися незалежно один від одного. Звідси кожний м'яз як цілісна анатомічна одиниця може складатися із декількох індивідуальних ділянок, кожна із яких виконує різні фізіологічні функції. Таким чином, існування компартментів

свідчить, що функції м'яза залежать не тільки від його будови, особливостей його кріплення до кісток, але й від структури іннервації.

12. Які існують шляхи взаємозв'язку рухового нейрона із м'язовими волокнами, які він іннервує?

Взаємозв'язок між руховим нейроном і його волокнами здійснюється на швидкому, електричному, рівні і на більш повільному, хімічному – так зване явище нейротропізму.

13. Поясніть явище нейротропізму під час взаємодії рухового нейрона зі своїми м'язовими волокнами.

Явище нейротропізму означає тривалий вплив одного біологічного елемента безпосередньо на інший, наприклад, нейрона на м'язові волокна. Нейротропізм притаманний, зокрема, аксону, який володіє транспортною системою. У цій системі рух здійснюється в обидва боки, тобто до м'язового волокна і в зворотному напрямку до тіла нейрона. Транспортуються різноманітні речовини, що включають в себе структурні елементи, білки, рибонуклеїнову кислоту, амінокислоти. Наприклад, мембранна бульбашка є важливим елементом передачі інформації від нейрона до м'яза, але з часом її функціональні можливості знижуються, тому вона потребує «ремонту». Бульбашка завдяки транспортній системі аксона потрапляє в сому нервової клітини, де відбувається її відновлення, а потім вона транспортується назад до нервово-м'язового з'єднання.

14. Що лежить в основі швидкої, електричної, нервово-м'язової взаємодії?

В основі швидкої, електричної, взаємодії між нервовою та м'язовою тканинами лежить здатність до збудження аксолеми і сарколеми, тобто мембран, які оточують, відповідно, аксон і м'язове волокно.

15. Яким чином потенціал дії розповсюджується вздовж аксона нервової клітини?

Потенціал дії, що виник на окремій ділянці плазматичної мембрани нейрона, розповсюджується по всьому іншому нервовому волокну за допомогою самопідтримуваного процесу, тобто локального переміщення позитивного заряду від деполяризованих ділянок мембрани до сусідніх, нормально поляризованих ділянок, які доступні для активації. Отож, вихідний потенціал дії не розповсюджується вздовж нервового волокна, а викликає послідовну генерацію подібних потенціалів дії, які передаються вздовж аксона від місця ініціації імпульсів у довільному напрямку. Період рефрактерності, що слідує за потенціалом дії по довжині аксона, запобігає розповсюдженню збудження у напрямку до початкової ділянки збудження, та обмежує частоту передачі потенціалів дії.

16. Яку провідність потенціалів дії називають сальсаторною?

Аксони деяких нейронів оточені клітинами, які мають назву олігодендроцити (в головному або спинному мозку) або шваннівські клітини, які формуються вздовж аксонів периферичних нервових волокон. В плазматичній мембрані

олігодендроцитів і шваннівських клітин утримується ліпід мієлін, із якого на плазматичних мембранах цих клітин через певні проміжки утворюються потовщення. Ці потовщення формують уздовж волокна мієлінові блоки. Вони ізолюють мембрану нервової клітини від збуджувальних стимулів. Між мієліновими оболонками знаходяться перетяжки Ранв'є, які представляють собою ділянки, вільні від мієліну. На цих ділянках мембрана нервової клітини не ізолювана від позаклітинної рідини і утворює значну кількість потенціалзалежних йонних натрієвих каналів, що сприяє розповсюдженню потенціалу дії. Отже, сальсаторною провідністю називають односпрямовані стрибки деполяризації від однієї перетяжки Ранв'є до іншої. Це забезпечує швидке розповсюдження нервових імпульсів на великі відстані.

17. Які фактори визначають швидкість розповсюдження потенціалу дії?

Швидкість розповсюдження потенціалу дії визначають в основному мієлінізація та діаметр нервових волокон. Так, перетяжки Ранв'є формують послідовність ділянок високоєфективного проведення нервового імпульсу, тому що він перестрибує від однієї перетяжки до іншої. Мієлінізація майже в п'ятдесят разів підвищує швидкість розповсюдження потенціалу дії. У свою чергу, діаметр нервових волокон прямо пропорційний швидкості розповсюдження потенціалу дії. Тому великі мієлінізовані нервові волокна, що іннервують скелетні м'язи, мають найбільшу швидкість проведення імпульсу.

18. Яким чином аксон забезпечує електрохімічний зв'язок з іншими клітинами?

У нервовому закінченні містяться везикули, заповнені нейромедіатором, який випорожнюється в синаптичну щілину після приходу потенціалу дії у закінчення аксона. Так аксон забезпечує електрохімічний зв'язок з іншими клітинами.

19. Яким чином взаємодія нейромедіаторів декількох пресинаптичних нейронів регулюють збудливість одного постсинаптичного нейрона?

Пресинаптичні нейрони можуть звільнювати нейромедіатори, які або стимулюють, або пригнічують збудження постсинаптичного нейрона. Нейромедіатори, що звільнюються із збуджуючих пресинаптичних нейронів, викликають обмежену локальну, що не розповсюджується, деполяризацію постсинаптичного нейрона, яка отримала назву збудливий постсинаптичний потенціал. Як правило, амплітуда цієї деполяризації недостатня для зміни мембранного потенціалу до порогу збудження, тому для ініціації потенціалу дії на постсинаптичній мембрані необхідна сумація декількох збудливих постсинаптичних потенціалів. Нейромедіатори, що виходять із гальмівних пресинаптичних нейронів, коли зв'язуються з рецепторами на постсинаптичній мембрані, стимулюють виникнення незначної локальної гіперполяризації. Така локальна гіперполяризація називається гальмівним постсинаптичним потенціалом. Алгебраїчна сума цих змін

заряду мембрани визначає, чи достатня деполяризація мембрани для досягнення порогу збудження і запуску потенціалу дії.

20. Чим відрізняються часова та просторова сумація змін заряду мембрани?

Часова сумація являє собою сумарний вплив декількох збудливих постсинаптичних потенціалів або гальмівних постсинаптичних потенціалів, що виходять із одного і того ж пресинаптичного нейрона, на мембранний потенціал постсинаптичного нейрона. Наприклад, повторне подразнення нейрона з наступною сумацією збудливого постсинаптичного потенціалу може викликати порогову деполяризацію та генерацію потенціалу дії. При цьому між двома збудливими постсинаптичними потенціалами відсутній період рефрактерності, оскільки кожний із них стимулює лише незначне збільшення деполяризації мембрани, недостатнє для інактивації йонних натрієвих каналів. Це дозволяє великій кількості збудливих постсинаптичних потенціалів чинити сумарний деполяризуючий вплив на мембранний потенціал постсинаптичного нейрона. Просторова ж сумація представляє собою вплив декількох збудливих постсинаптичних потенціалів або гальмівних постсинаптичних потенціалів, що надходять одночасно від різних пресинаптичних нейронів, на мембранний потенціал постсинаптичного нейрона. За фізіологічних умов просторова та часова сумація беруть участь в регуляції мембранного потенціалу постсинаптичного нейрона одночасно.

21. Опишіть процес синаптичної передачі в нервово-м'язовому з'єднанні скелетного м'яза.

Потенціали дії в пресинаптичних рухових нейронах викликають злиття синаптичних бульбашок з пресинаптичною мембраною і випорожнення із бульбашок нейромедіатора (ацетилхоліна). Для проходження ацетилхоліном синаптичної щілини необхідні йони Ca^{2+} . Вони входять у клітину через потенціалзалежні кальцієві йонні канали, що відкриваються у відповідь на деполяризацію пресинаптичної мембрани під час потенціалу дії. Ацетилхолін долає синаптичну щілину і зв'язується з нікотиновими рецепторами на плазматичній мембрані м'язової клітини. Його зв'язування з рецептором підвищує проникненість постсинаптичної мембрани для йонів Na^+ і K^+ .

22. Що таке потенціал рухової кінцевої пластинки?

Потенціал рухової кінцевої пластинки – це локальна деполяризація кінцевої пластинки м'язового волокна у відповідь на зв'язування ацетилхоліну з розташованими на ній нікотиновими холінергічними рецепторами.

23. Чому виникає потенціал рухової кінцевої пластинки?

Ацетилхоліновий рецептор входить до складу йонного каналу, який відповідає за потенціал кінцевої пластинки. Зв'язування ацетилхоліна з рецепторно-канальним комплексом призводить до відкриття каналу. Це підвищує проникненість постсинаптичної мембрани для йонів Na^+ та K^+ і викликає

зверхпорогову деполяризацію, необхідну для виникнення потенціалу дії в постсинаптичній мембрані скелетного м'яза.

24. У чому заключається біологічний зиск надмірного виділення нейромедіатора у нервово-м'язовому з'єднанні скелетного м'яза?

Під надмірністю розуміють виділення у нервово-м'язовому з'єднанні значно більшої кількості ацетилхоліна, ніж це потрібно для запуску потенціалу дії на постсинаптичній мембрані. Цим гарантується, що кожний потенціал дії мотонейрона викличе реакцію у м'язовому волокні, яке він іннервує. Значний запас надійності відрізняє нервово-м'язове з'єднання від збудливих інтернейронів ЦНС, в яких, щоб викликати в постсинаптичному нейроні потенціал дії, імпульси підпорогової деполяризації повинні сумуватися.

25. Що таке мініатюрний потенціал кінцевої пластинки?

Мініатюрним потенціалом кінцевої пластинки називають локальну, незначну за амплітудою, спонтанну зміну мембранного потенціалу рухової кінцевої пластинки скелетного м'яза у нервово-м'язовому з'єднанні. Мініатюрні потенціали кінцевої пластинки виникають внаслідок спонтанного виділення незначної кількості нейромедіатора ацетилхоліна і його наступну взаємодію із рецепторами на постсинаптичній мембрані.

26. Яким чином припиняється дія ацетилхоліна у синапсі?

Ацетилхолін, що потрапив у синаптичну щілину, швидко гідролізується ферментом ацетилхолінестеразою на ацетат і холін. Тим самим дія медіатора на постсинаптичні рецептори припиняється.

27. Якій величині дорівнює мембранний потенціал спокою м'язового волокна?

Коли мембрана м'язового волокна знаходиться у стані спокою, її потенціал залишається відносно постійним і становить близько -70 мВ.

28. За яких умов виникає потенціал дії?

Швидка і значна деполяризація мембрани клітини називається потенціалом дії. Деполяризація мембрани на $15-20$ мВ, тобто у ході підвищення заряду від -70 до $-55-50$ мВ, виникає поріг збудження, результатом якого є потенціал дії.

29. Поясніть дію закону «все або нічого».

Деполяризація мембрани м'язового волокна менше порогової величини $15-20$ мВ не призводить до виникнення потенціалу дії. Це явище називається законом «все або нічого».

30. Що відбувається з потенціалом дії, коли він достатньо розвинувся на м'язовій мембрані?

За умови достатньої частоти нервових імпульсів потенціал кінцевої пластинки досягає порогового значення і на м'язовій мембрані розгортається потенціал дії. Він зі швидкістю 5 м·с⁻¹ розповсюджується вздовж поверхні м'язового волокна і

заходить в поперечні трубочки (Т-трубочки) всередину волокна. Потенціал дії підвищує прохідність мембрани клітини і викликає із цистерн і трубочок саркоплазматичного ретикулуи йони Ca^{2+} . Отже, в скелетних м'язах вихід йонів Ca^{2+} із саркоплазматичного ретикулуи повністю залежить від деполаризації мембрани Т-трубочок.

31. Як в скелетних м'язах між сарколемою, Т-трубочками і саркоплазматичним ретикулуи передається сигнал, що викликає вихід йонів кальцію в процесі поєднання збудження і скорочення?

Вихід йонів Ca^{2+} із саркоплазматичного ретикулуи скелетних м'язів під час процесу збудження і скорочення відбувається завдяки взаємодії Т-трубочок і кінцевих цистерн саркоплазматичного ретикулуи. Т-трубочки містять дигідропіридин – чуттєві рецептори напруги, які розташовані навпроти спеціальних ніжок на кінцевих цистернах саркоплазматичного ретикулуи. Ці ніжки складаються із чотирьох подібних субодиниць з трансмембранним і цитоплазматичним доменами. Ніжки саркоплазматичного ретикулуи також мають назву р'анодинових рецепторів, оскільки зв'язують р'анодин – речовину, яка стимулює вихід йонів кальцію із саркоплазматичного ретикулуи. Р'анодиновий рецептор є частиною йонного кальцієвого каналу, через який Ca^{2+} виходить із саркоплазматичного ретикулуи. У скелетних м'язах відкриття потенціалзалежних йонних кальцієвих каналів

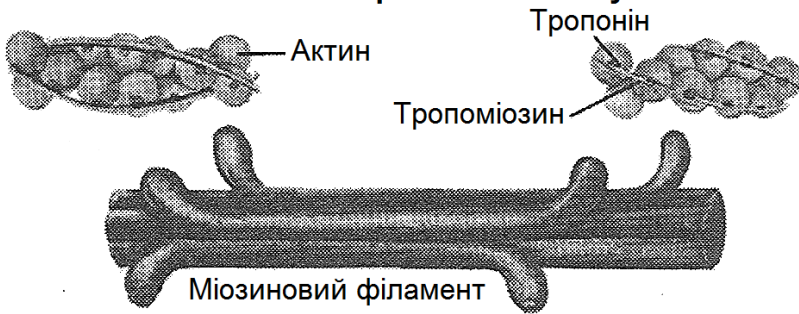
у саркоплазматичному ретикулумі регулюється електричною взаємодією Т-трубочок і білків ніжок. Ключове значення в процесі передачі цього сигналу має різниця електричних потенціалів по різні боки мембрани Т-трубочки. Деполяризація, що розвивається під час передачі потенціалу дії через Т-трубочку, викликає структурні зміни білків ніжки кінцевої цистерни. Ці структурні зміни призводять до відкриття йонних кальцієвих каналів у саркоплазматичному ретикулумі і забезпечують вхід йонів Ca^{2+} в цитоплазму за електрохімічним градієнтом.

32. Яка роль тропоміозину та тропоніну у м'язовому скороченні?

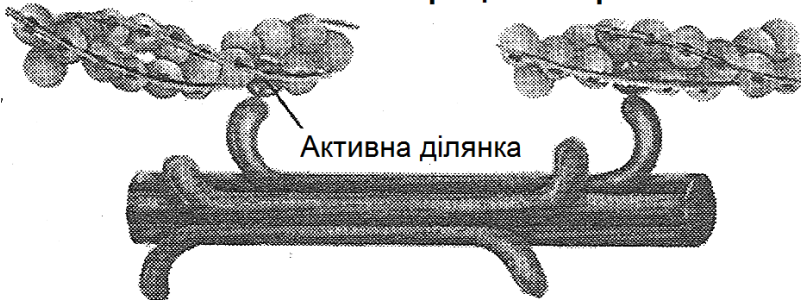
Йони Ca^{2+} , що вийшли із саркоплазматичного ретикулуму, проникають у міофібрили до центрів зв'язування їх на молекулах актина. В неактивованому стані нитки тропоміозину закривають активні ділянки тонких ниток і тим самим блокують взаємодію міозинових поперечних мостиків з мономерами актину. Цим запобігається скорочення м'яза. Під впливом же йонів Ca^{2+} довгі молекули тропоміозину повертаються вздовж осі і ховаються в жолобки між сферичними молекулами актину. Тим самим знімається тропоміозинова блокада прикріплення поперечних міозинових мостиків до актинових ниток і оголюються їх активні ділянки. Цим забезпечується доступ міозинових головок до активних ділянок і починається циклічне утворення поперечних мостиків. При цьому головки міозину

здійснюють гребкові рухи (нахиляються), що призводить до ковзання ниток актину вздовж ниток міозину з обох кінців саркомера до його центру, і відбувається скорочення м'яза.

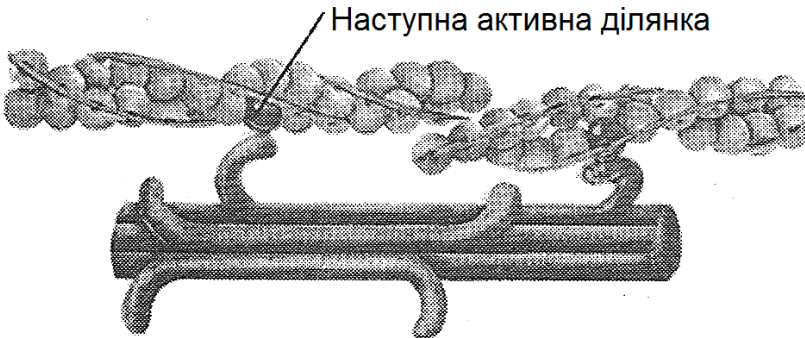
М'язове волокно в розслабленому стані



М'язове волокно в процесі скорочення



М'язове волокно повністю скорочене



33. Чим забезпечується циклічність ковзання скорочувальних білків один відносно іншого?

Енергія гребкового руху одного мостика створює переміщення на 1% довжини актинової нитки. Для подальшого ковзання скорочувальних білків один відносно іншого поперечні мостики між актином і міозином повинні розпадатись і знову створюватись на наступному центрі зв'язування Ca^{2+} на молекулах актину.

34. Поясніть етапи циклічного формування поперечних мостиків

Циклічне формування та руйнування поперечних мостиків, що забезпечує скорочення м'язів, включає циклічне приєднання і роз'єднання міозинових головок від активних ділянок актинового філаменту. Цей процес пов'язаний із гідролізом АТФ і структурними змінами приєднаних міозинових головок, в яких хімічна енергія гідролізу АТФ перетворюється в механічну енергію. Коли міозинова головка на поперечному мостіку з'єднується з активною ділянкою тонкого філаменту, міозин набуває властивостей ферменту АТФ-ази, який викликає розщеплення АТФ. Молекули АДФ і неорганічного фосфату, що утворилися в результаті гідролізу АТФ, залишаються зв'язаними з міозиною головою. Структурні зміни комплексу міозин-АДФ-неорганічний фосфат проявляються у вигляді значної

спорідненості з актином, що забезпечує зв'язування головки із активною ділянкою тонкого філаменту. Потім молекули АДФ і неорганічного фосфату вивільнюються, і рівень вільної енергії головки молекули міозину зменшується, що забезпечує гребковий рух, який просуває тонку нитку у напрямку до центру саркомера. Після гребкового руху спорідненість міозина з АТФ підвищується, і тому АТФ зв'язується з міозиною головою. Зв'язування АТФ зменшує спорідненість поперечного мостика з актином, що спонукає від'єднання поперечного мостика від активної ділянки тонкого філаменту. Потім молекула АТФ гідролізується, і пристосувальні реакції глобулярної головки повертаються до вигляду, характерного для стану спокою. При цьому зберігається енергія зв'язку високоенергетичного фосфату для наступного циклу. Таким чином, АДФ і неорганічний фосфат, що були отримані в результаті гідролізу останньої молекули АТФ, залишаються зв'язаними з головою, і цикл повторюється до того часу, поки активні ділянки тонкого філаменту доступні для прикріплення поперечного мостика.

35. Яка умова засвідчує завершення м'язового скорочення?

М'язове скорочення завершується тоді, коли кальцій активно повертається із саркоплазми назад до саркоплазматичного ретикулуму для зберігання.

36. Що забезпечує повернення йонів кальцію із міофібрил назад до саркоплазматичного ретикулуму?

Повернення м'язового волокна у стан спокою (розслаблення м'яза) пов'язане з роботою особливого механізму під назвою «кальцієвий насос». Він забезпечує повернення йонів Ca^{2+} із міофібрил назад до трубочок саркоплазматичного ретикулуму.

37. Які основні функції АТФ у забезпеченні діяльності м'яза?

АТФ має важливе значення у забезпеченні діяльності м'яза. По-перше, завдяки гідролізу на глобулярних головках міозину забезпечує скорочення м'яза енергією. Енергія, що утворюється під час гідролізу АТФ, перетворюється в силу скорочення за посередництва структурних змін у міозинових головках (так званий гребковий рух), що відбуваються в процесі їх зв'язування з активними ділянками тонких філаментів. По-друге, АТФ зв'язується з головкою молекули міозину, у результаті чого зменшується спорідненість поперечного мостика з активною ділянкою. Зв'язування АТФ з міозиноюю головкою необхідне для розслаблення м'яза. За відсутності АТФ міозинові поперечні мостики не можуть відокремлюватися від тонкого філаменту і виникає явище заціпеніння м'яза. По-третє, АТФ забезпечує енергією процес підтримки нормальних йонних градієнтів у клітині і викачування Ca^{2+} за межі клітини або в саркоплазматичний ретикулум.

38. Яким методом досліджують електричну активність м'яза?

Методом контролю електричної активності м'яза (збуджуваних мембран клітин) є електроміографія.

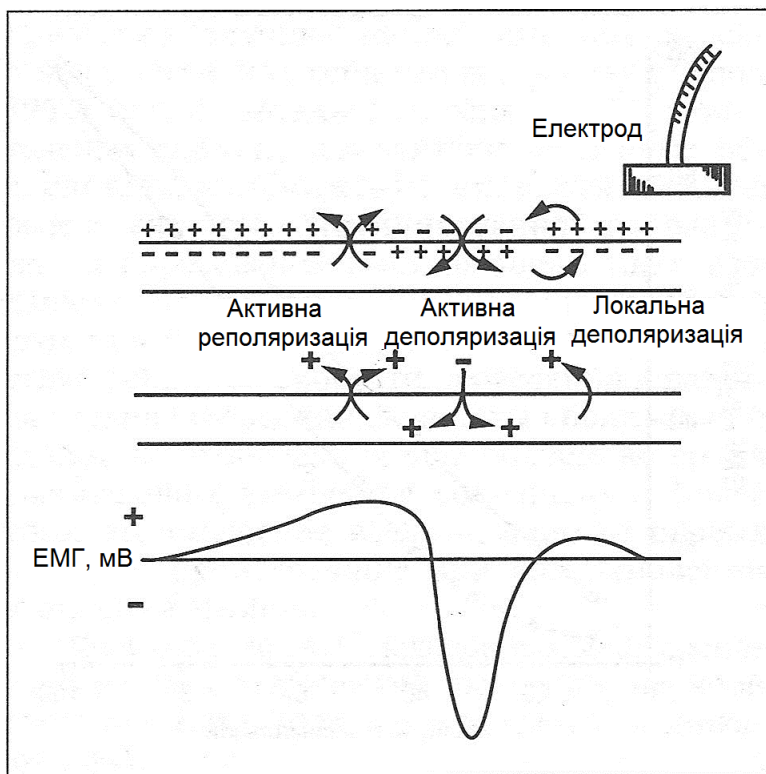
39. Що лежить в основі реєстрації електричних явищ у м'язовому волокні?

В основі реєстрації електричних явищ у м'язовому волокні (методу електроміографії) лежать зміни сарколемних потенціалів дії.

40. Охарактеризуйте форму потенціалу дії, відображену на електроміограмі.

У випадку, коли електрод електроміографа розташовується поблизу збудженої мембрани на поверхні шкіри, то записаний потенціал дії, як правило, має трифазну форму. Трифазна форма зумовлена реєстрацією потенціалу дії, коли він наближається, досягає і проходить електрод. Центральним елементом потенціалу дії є ділянка зворотної полярності. Вона сигналізує про надходження у клітину йонів Na^+ і є негативною фазою потенціалу дії (негативний потенціал відповідає надходженню позитивно заряджених йонів у клітину). З кожного боку негативної фази знаходиться окрема позитивна фаза. Початкова позитивна фаза зумовлена пасивною локальною деполяризацією мембрани. Це викликано тим, що деякі йони Na^+ просуваються із ділянки зворотної полярності до внутрішньоклітинної рідини унаслідок електричного притягання позитивно заряджених йонів

негативно зарядженими, а деякі негативно заряджені йони переходять із позаклітинної рідини у зворотному напрямку. Локальна активність перед ділянкою зворотної полярності сприймається електродом як потік позитивно заряджених йонів із клітини і вимірюється як позитивна зміна напруги. Друга позитивна фаза (активна реполяризація) зумовлена виходом йонів K^+ із клітини. Електрод, таким чином, реєструє зміну мембранного потенціалу внаслідок руху позитивно заряджених йонів із клітини як позитивну, а зумовлене їх рухом усередину клітини – як негативну.



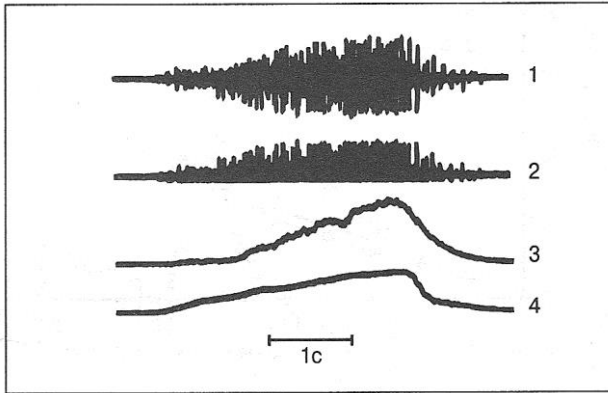
41. Який запис електроміограми називають інтерференційною структурою?

Коли аналізують рух людини, звичайно, не реєструють потенціал дії окремого м'язового волокна чи окремої рухової одиниці. Частіше всього визначають електроміограму багатьох рухових одночасно активних одиниць. Цей тип запису електроміограми називають інтерференційною структурою, оскільки має місце нашарування багатьох потенціалів дії.

42. Які існують методи «очищення» інтерференційної електроміограми для визначення кількісних її величин?

Для того, щоб визначити кількісні величини інтерференційної електроміограми (1), використовують методи ректифікації та інтеграції. Метод ректифікації передбачає визначення абсолютної величини електричного сигналу шляхом усунення негативної його фази (2). Потім гострі піки (високі частоти) сигналу, що присутні в ректифікованій електроміограмі, зменшують завдяки електронному процесу інтеграції, що включає так звану фільтрацію електроміограми (3). Після ректифікації та інтеграції інтерференційної електроміограми її можна визначити кількісно, вимірюючи амплітуду інтегрованої електроміограми. Доцільність такого шляху визначення кількісних характеристик демонструє співставлення зміненої інтерференційної електроміограми і запису сили, утворюваної м'язом (4). Запис електроміограми

відповідав запису сили. Це свідчить про те, що сигнал електроміограми в цих умовах можна вважати надійним показником величини м'язової сили.



43. Що називають аналізом електроміограми у часовій площині?

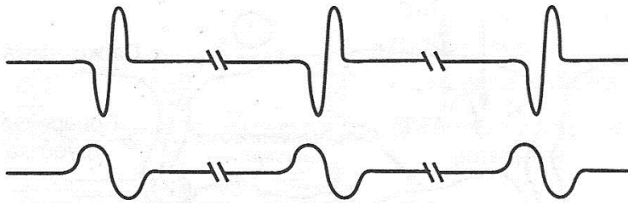
Аналіз електроміограми у часовій площині – це кількісна характеристика ректифікованої та інтегрованої інтерференційної електроміограми, що записана під час фізичної активності, і відображається як функція часу, тобто часові проміжки між потенціалами дії та тривалості самого потенціалу дії.

44. Що таке аналіз електроміограми у частотній площині?

Аналіз електроміограми у частотній площині – це кількісна характеристика ректифікованої та інтегрованої інтерференційної електроміограми, що відображає форму (амплітуду) потенціалів дії.

45. Як змінюється електроміограма з настанням втоми рухової одиниці?

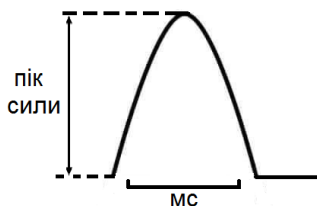
Коли набуває розвитку втома рухової одиниці, це відображається на електроміограмі зниженням амплітуди потенціалів дії та збільшенням тривалості часу між ними. На форму потенціалу дії більше всього впливають зміни швидкості проведення збудження вздовж сарколеми. При зниженні швидкості проведення збільшується тривалість потенціалу дії і знижується його частотний зміст. Зміщення вліво на електроміограмі (див. рис.) частотного змісту – одна з перших ознак, що свідчить про виникнення втоми м'яза.



Механіка м'язового скорочення

1. Що є результатом діяльності рухової одиниці?

Результатом діяльності рухової одиниці є скорочення м'яза. Це реакція сила – час на окремий вхідний сигнал, що збуджує м'язове волокно.



2. З яких фаз складається форма механічної реакції м'яза на окремий вхідний збуджувальний сигнал?

Форма механічної реакції м'яза на окремий вхідний збуджувальний сигнал складається з трьох фаз: латентного (прихованого) періоду, фази скорочення та фази розслаблення.

3. Як відрізняється часова характеристика фаз форми механічної реакції м'яза на окремий вхідний збуджувальний сигнал?

Фази форми механічної реакції м'яза на окремий вхідний збуджувальний сигнал відрізняються між собою за тривалістю. Найкоротшою фазою є латентний (прихований) період, коли у м'язі відбувається електромеханічна передача збуджувального імпульсу. Фаза розслаблення зазвичай приблизно у два рази більш триваліша, ніж фаза скорочення, а під час утоми значно збільшується.

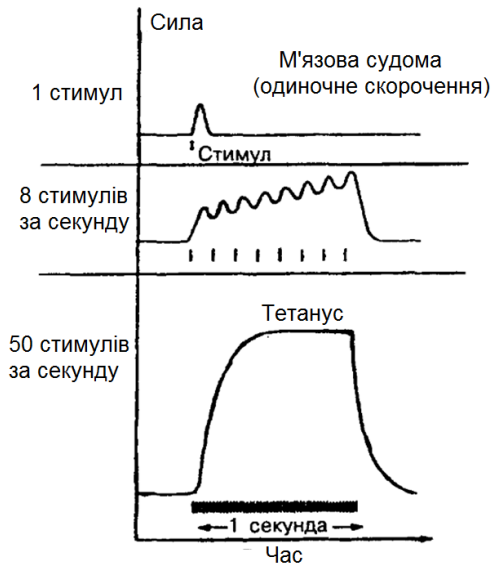
4. Що називають тетанічним скороченням, або тетанусом?

Тетанічне скорочення, або тетанус – це сумація серій реакцій скорочення скелетного м'яза. Виникає внаслідок тривалого збудження м'язових волокон, коли інтервали між нервовими імпульсами коротші, ніж тривалість поодинокого скорочення.

5. Який механізм забезпечує утворення тетанусу?

Під час тетанічного скорочення у скелетному м'язі багаторазово виникають потенціали дії, які спонукають до тривалого виходу йонів Ca^{2+} із саркоплазматичного ретикулу і підтримують високий рівень Ca^{2+} , пов'язаного з тропоніном. При цьому безперервно повторюється цикл утворення поперечних мостиків. Скорочення м'яза підтримується до того часу, поки не припиниться збудження, а концентрація йонів Ca^{2+} в цитоплазмі не зменшиться нижче порогового рівня, необхідного для запуску м'язового скорочення.

6. Які форми тетанусу Вам відомі?



Запис сили скорочення під час одиначного скорочення (зверху), часова сумація сили (всередині) і тетанічне скорочення скелетного м'язу (внизу)

Розрізняють дві форми тетанусу, а саме: зубчастий тетанус та суцільний (гладкий) тетанус. Зубчастий тетанус виникає під час незначної частоти імпульсації (8-10 стимулів за секунду), коли відбувається потрапляння кожного наступного нервового імпульсу в фазу розслаблення окремих поодиноких скорочень. У свою чергу, суцільний (гладкий) тетанус виникає за умови частого подразнення (25-50 стимулів за секунду), коли кожний наступний імпульс потрапляє у фазу скорочення.

7. Чому скелетний м'яз утворює максимальну силу скорочення під час суцільного (гладкого) тетанусу?

Скелетний м'яз утворює максимальну силу скорочення впродовж суцільного (гладкого) тетанусу, тому що в цей час еластичні елементи м'яза повністю розтягнуті, а регуляторні ділянки сповна насичені йонами Ca^{2+} . Сила суцільного тетанусу може перевищувати силу поодинокого скорочення в 1,5–10 раз, проте тривалість м'язового скорочення при цьому незначна.

8. Яке явище називають песимумом Введенського?

Сутність песимуму Введенського полягає в тому, що максимальне скорочення скелетного м'яза відбувається тільки за умови оптимального режиму нервової імпульсації. У той час, як дуже значна частота стимуляції призводить до зниження амплітуди скорочення м'яза і він майже повністю може розслабитись.

9. Що таке часова сумація і сумація багатьох рухових одиниць?

Часова сумація сили скорочення скелетного м'яза відбувається під час значної частоти стимуляції, коли м'яз повторно активується, але не встиг повністю розслабитись після попереднього скорочення. Сумація багатьох рухових одиниць виникає, коли сильні стимули викликають активацію додаткових рухових одиниць, які володіють високим порогом збудливості, що зумовлює збільшення сили м'язового скорочення.

10. Чи може поодинокі скорочення мати різну амплітуду?

Окремі поодинокі скорочення можуть залежно від кількості активованих рухових одиниць і положення м'яза на кривій зв'язку «довжина – сила» мати різну амплітуду. Рухова одиниця складається з рухового нейрона і всіх міофібрил, що ним іннервуються. Під час незначної сили стимуляції активуються найбільш збудливі малі рухові одиниці. Зі збільшенням сили стимуляції активуються рухові одиниці, що володіють більш високим порогом збудливості (великі мотонейрони). Цим сила скорочення м'яза зростає. Під час максимальної стимуляції м'яза активуються всі рухові одиниці. Стимули, які перевершують максимальний, не викликають додаткового збільшення величини поодинокого скорочення. Так як м'яз розтягнутий, його положення на кривій взаємозв'язку

«довжина-сила» також змінюється, і амплітуда скорочення залежно від площі перекриття товстих і тонких філаментів зростає. Під час довжини спокою, або оптимальної довжини м'яза, з активними ділянками тонкого філаменту може з'єднуватись максимальна кількість міозинових головок, отже, поодинокі скорочення будуть мати максимальну амплітуду.

11. Що таке ефект драбини?

Ефектом драбини називають послідовне збільшення амплітуди поодинокого скорочення скелетного м'яза до величини плато під час значної стимуляції після періоду спокою. Причиною ефекту є поступове підвищення рівня Ca^{2+} у цитоплазмі після скорочень м'яза, що слідує одне за одним. Ефект відображає нездатність саркоплазматичного ретикулуму і механізмів відкачування Ca^{2+} повністю відновлювати цитоплазматичну концентрацію йонів Ca^{2+} , яка була перед скороченням.

12. У чому полягає відмінність між пренавантаженням та постнавантаженням?

Пренавантаження – це навантаження, яке відчуває м'яз перед початком скорочення. Наприклад, пренавантаженням є величина навантаження на м'яз, що знаходиться в стані спокою, під час визначення взаємозв'язку «довжина–сила». А постнавантаження – це навантаження, з яким стикається м'яз після початку скорочення. Прикладом може слугувати підняття обтяження з підлоги.

13. Опишіть тонічне скорочення скелетних м'язів.

Тривале скорочення м'яза з незначними витратами енергії і повільним розвитком втоми називають тонічним. Тонічними властивостями володіють антигравітаційні м'язи (спини, шиї, нижніх кінцівок), що підтримують вертикальне положення тіла людини. Вони можуть довготривало перебувати у скороченому стані. У цьому важливу роль відіграють чергування скорочень і розслаблень повільних (малих) рухових одиниць в асинхронному режимі. Можливість такої роботи м'язів пов'язують із великою кількістю нескоротливих білків, що входять до їх складу. Наслідком цього є підвищена в'язкість їх саркоплазми. Після припинення активації тонічних волокон вони ще тривалий час протидіють пасивному збільшенню своєї довжини.

14. Як здійснюється скорочення на рівні цілісного м'яза?

Якщо робота виконується довготривало з невеликою інтенсивністю, то окремі рухові одиниці скорочуються почергово. При цьому підтримується загальна напруга м'яза на необхідному рівні, наприклад, під час бігу на довгі та наддовгі дистанції, а окремі рухові одиниці можуть утворювати як поодинокі, так і тетанічні скорочення. Це залежить від частоти збуджувальних нервових імпульсів. Втома у цьому випадку розвивається повільно, оскільки рухові одиниці, що працюють почергово, в проміжках між активацією встигають відновлюватись. У випадку, коли виконуються потужні

короткочасні зусилля, наприклад, підняття штанги, необхідна синхронізація активності окремих рухових одиниць, тобто одночасне збудження практично всіх рухових одиниць. У свою чергу, це вимагає одночасної активації відповідних нервових центрів. У результаті відбувається потужне і досить виснажливе тетанічне скорочення.

15. Як впливає на величину м'язової сили здійснення серії тетанічних скорочень?

Сила, яка утворюється в результаті окремого тетанічного скорочення, з часом зменшується, якщо рухова одиниця здійснює серію тетанічних скорочень. Здібність рухової одиниці запобігати такому зменшенню розглядається як її опір втомі.

16. На які групи поділяють скелетні м'язи відносно їх здібності протистояти втомі?

Відносно здібності чинити опір втомі рухові одиниці поділяють на три групи: 1) повільноскоротливі, які протистоять втомі (тип S); 2) швидкоскоротливі, які також можуть протидіяти втомі (тип FR); 3) швидкоскоротливі, які схильні до втомлення (тип FF).

17. Чим зумовлена відмінність типів скелетних м'язів?

Відмінність типів скелетних м'язів зумовлена різною кількістю м'язових волокон, що входять до складу рухової одиниці, тобто коефіцієнтом іннервації, а також розмірами окремих м'язових волокон, а саме, кількістю скорочувальних білків у м'язовому волокні. Рухові одиниці типу FF

характеризуються найбільш високим коефіцієнтом іннервації та наявністю найбільших м'язових волокон.

18. Чи подібні за своїми властивостями м'язові волокна, що належать одній руховій одиниці?

Якщо м'язові волокна належать одній руховій одиниці, то вони гомогенні, тобто володіють однаковими властивостями. Наприклад, рухова одиниця типу S включає тільки окиснювальні повільноскоротливі м'язові волокна.

19. Із яких типів волокон складається скелетний м'яз?

Кожний скелетний м'яз людини складається із сукупності всіх трьох типів волокон: S, FR, FF.

20. Яким методом визначають кількісне співвідношення типів волокон у скелетному м'язі?

Кількісне співвідношення типів волокон у скелетному м'язі визначають за допомогою методу біопсії.

21. Які метаболічні шляхи забезпечують енергією скорочення скелетних м'язів?

Шляхами забезпечення енергією скорочення скелетних м'язів є анаеробний гліколіз та окисне фосфорилування. Так, анаеробний гліколіз є важливим джерелом АТФ, під час якого відновлення АТФ відбувається без участі кисню. Гліколіз має особливо важливе значення для енергетичного забезпечення швидких м'язів, які слугують для виконання інтенсивної та потужної роботи. Відновлення АТФ шляхом гліколізу обмежене запасами глікогену в клітині, які можуть швидко вичерпуватись.

У свою чергу, окисне фосфорилування жирних кислот є головним джерелом енергії під час тривалої та безперервної роботи. Цей процес виробляє велику кількість АТФ, але потребує достатньо кисню. Окисний метаболізм особливо важливий для забезпечення АТФ повільних м'язів. Запаси АТФ можуть поповнюватись шляхом рефосфорилування АДФ в результаті гідролізу креатинфосфату, важкого фосфагену, який слугує енергетичним резервом м'яза.

22. Що таке повільні та швидкі м'язові волокна?

Повільні волокна відомі також як волокна типу S. Їх скорочення забезпечується за рахунок енергії окисного фосфорилування. Швидкість їх скорочення нижче, ніж у швидких волокон. Швидкі волокна – гліколітичні м'язові волокна, що володіють високою швидкістю скорочення. Швидкі гліколітичні волокна називаються також волокнами типу FF, щоб відрізнити їх від волокон типу FR (швидких окиснювальних волокон), які можуть використовувати як окисне фосфорилування, так і гліколіз. Швидкість скорочення швидких і повільних м'язових волокон визначається швидкістю гідролізу АТФ молекулами міозина, яка залежить від ізоформи міозину.

23. Чим викликається м'язова втома?

Явище м'язової втоми може розвинутиись завдяки декільком чинникам. Зокрема, зниженню рівня глікогену і креатинфосфату, а також накопиченню молочної кислоти. Крім

того, у великих рухових одиницях може виникнути нервово-м'язова втома, при якій нервово-м'язову передачу обмежує нездатність синтезувати або виділяти ацетилхолін.

24. Від чого залежить зміна величини м'язової сили?

Величина м'язової сили змінюється із зміною активності рухової одиниці. Це здійснюється за рахунок або рекрутування (зміни кількості) рухових одиниць, або збільшення інтенсивності розряду (частоти потенціалу дії).

25. Що називають впорядкованим рекрутуванням рухових одиниць?

Будь-який рух здійснюється в результаті активації рухових одиниць в усталеній послідовності. Подібну організацію активації рухової одиниці називають впорядкованим рекрутуванням.

26. Який фактор лежить в основі впорядкованого рекрутування?

Важливим фактором, який лежить в основі впорядкованого рекрутування, є розмір рухового нейрона, тобто площа поверхні соми і дендритів.

27. Що таке принцип розміру?

Принцип розміру свідчить про те, що впорядковане рекрутування рухових одиниць зумовлене змінами розміру рухового нейрона, а саме: рухова одиниця із найменшим мотонейроном рекрутується першою, потім – із середнім, а

наостанок – із найбільшим мотонейроном. Під час дезактивації м'яза відбувається зворотний процес.

28. Що називають пулом рухових нейронів?

Групу рухових нейронів, що іннервують окремих м'яз, називають пулом рухових нейронів. Мотонейрони, об'єднані в пул, функціонально організовані відповідно до їх розміру.

29. Крім розміру рухових нейронів, які ще характеристики впливають на рекрутування рухових одиниць?

Рекрутування рухових одиниць не залежить виключно від розміру мотонейронів. На нього впливають і інші характеристики, а саме, внутрішні та зовнішні фактори. Внутрішні фактори пов'язані із розміром нейрона, чутливістю його нейромедіаторних рецепторів та електричними реакціями збудливої мембрани внаслідок зміни провідності. Чутливість рецепторів та електротонічні характеристики рухових нейронів можуть змінюватись незалежно від їх розмірів. Підвищення чутливості рецепторів примножує збудливість клітини до даного імпульсу, тоді як зміна електротонічних характеристик підвищує провідність синаптичних імпульсів до аксонного горбика. Внаслідок цього посилюється реакція рухового нейрона на імпульси. Зовнішні фактори зумовлені низкою синаптичних закінчень на руховому нейроні від даної системи імпульсів, середньою кількістю нейромедіаторів, що

випорожнюються в кожному синапсі, просторовим розподілом синапсів на сомі та дендритах. Очевидно, що чим більша кількість синаптичних закінчень або кількість виділяємих нейромедіаторів, тим більш збудливим є руховий нейрон. Чим ближче синапс до аксонного горбика, тим більша вірогідність того, що постсинаптичний потенціал викличе потенціал дії.

30. Від чого залежить ефективність синаптичного струму?

Ефективний синаптичний струм є показником сумарного впливу зовнішніх і внутрішніх факторів на збудливість рухових нейронів.

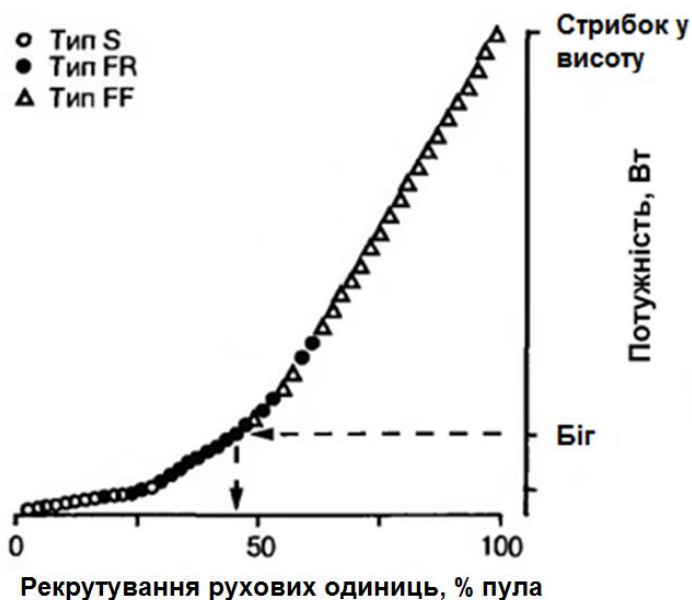
31. У чому полягає перевага впорядкованого рекрутування рухових одиниць в управлінні рухами?

Перевага впорядкованого рекрутування полягає в тому, що коли м'яз «отримує розпорядження» від нервової системи утворити силу, послідовність рекрутування рухових одиниць визначена заздалегідь, і немає необхідності визначати її в головному мозку. Тому, головний мозок звільняється від необхідності контролювати виконання рухів на цьому рівні.

32. Чому неможливо вибірково рекрутувати рухові одиниці в будь-якій послідовності?

Унаслідок того, що рекрутування рухових одиниць визначене наперед, неможливо вибірково активізувати їх в іншій послідовності. Наприклад (див. рис.), під час виконання стрибка

у висоту з розбігу спочатку біг підтюпцем з невисокою швидкістю вимагає незначних м'язових зусиль. Тому тут здійснюється рекрутування, у першу чергу, рухових одиниць повільноскоротливих волокон (тип S), а пізніше і швидкоскоротливих волокон (тип FR). Оскільки черговість рекрутування суворо фіксована, поступове зростання потужності (сили) для виконання завдання пов'язане із поступовим рекрутуванням великих рухових одиниць (тип FF). Однак розмір рухової одиниці не збільшується у суворій залежності від її типу, тому спостерігається певне взаємне «нашарування» між типом S та FR рухових одиниць, а також між типом FR та FF. Саме тому неможливо вибірково активізувати повільно – чи швидкоскоротливі рухові одиниці.



33. За яких умов під час виконання рухового завдання сила, утворювана м'язом, досягає плато?

Під час виконання рухового завдання м'язова сила досягає плато, коли зупиняється рекрутування додаткових рухових одиниць, а ті, що залишаються активними, не змінюють інтенсивності розряду потенціалів дії.

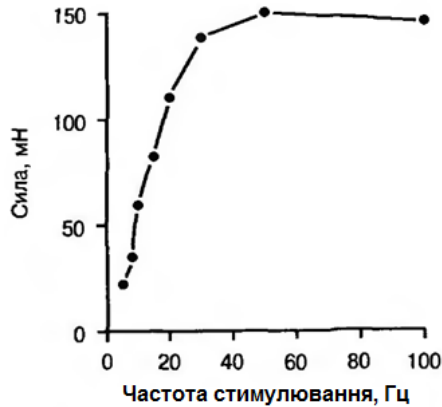
34. Яка існує залежність між збільшенням утворюваної м'язом сили і інтенсивністю вироблення потенціалів дії руховою одиницею?

Під час рекрутування рухової одиниці і утворення м'язової сили інтенсивність продукування потенціалів дії руховою одиницею, як правило, збільшується. Потенціал дії кожної рухової одиниці призводить до скорочення м'язових волокон. За умови зростання частоти утворення потенціалів дії скорочення сумуються і формується м'язова сила, що перевищує силу поодинокого скорочення. Ступінь сумування скорочень залежить від інтенсивності утворення потенціалів дії.

35. Поясніть взаємозв'язок інтенсивності (частоти) потенціалів дії і сили рухових одиниць.

Взаємозв'язок інтенсивності (частоти) потенціалів дії і сили, утворюваної руховими одиницями, до кінця ще не вивчений. Відомо тільки, що збільшення сили внаслідок підвищення частоти потенціалу дії з 5 до 15 Гц не таке, як під час зростання частоти потенціалу дії з 20 до 25 Гц, хоча різниця

в обох випадках однакова, тобто 5 Гц. Цей взаємозв'язок має S-подібну форму. Причому максимальне збільшення сили спостерігається, коли частота стимулювання становить 7-12 Гц.



36. Чи змінюється взаємозв'язок між частотою потенціалів дії і силою рухових одиниць залежно від довжини м'яза?

Взаємозв'язок між частотою потенціалів дії і силою рухових одиниць залежить від довжини м'яза. Недивлячись на те, що взаємозв'язок у будь-якому випадку характеризується S-подібною формою, максимальну силу при більшій довжині м'яза викликає частота 3-7 Гц, а при його коротшій довжині – 10-12 Гц.

37. Як класифікують рухові одиниці залежно від інтенсивності розряду?

Залежно від інтенсивності розряду рухові одиниці класифікуються як тонічні і фазні.

38. Що є характерним для тонічних рухових одиниць?

Для тонічних рухових одиниць характерне зростання інтенсивності розряду потенціалу дії при збільшенні м'язової сили на низьких її рівнях, тоді як при високих значеннях сили інтенсивність розряду залишається постійною. Крім того, тонічні рухові одиниці утворюють низькі потенціали дії, рекрутуються при низьких величинах сили і протистоять стомленню.

39. Чим відрізняються фазні рухові одиниці?

Фазні рухові одиниці володіють властивістю до збільшення інтенсивності розряду електричного імпульсу протягом усього діапазону м'язової сили, тобто взаємозв'язок між м'язовою силою та інтенсивністю потенціалу дії набуває лінійного характеру. Вони отримують вирішальне значення у динамічних умовах та значно сприяють утворенню великої величини м'язової сили.

40. Які ще фактори, крім рекрутування рухових одиниць і частоти розрядів потенціалів дії, впливають на утворення величини м'язової сили?

Величина сили, що утворює м'яз, залежить не тільки від рекрутування рухових одиниць і частоти розрядів потенціалів дії, але й від структури активності потенціалів дії.

41. Які ефекти структури активності потенціалів дії Вам відомі?

На сьогодні розрізняють, принаймні, три ефекти структури розряду потенціалів дії: 1) м'язова «мудрість»; 2) подвійний розряд; 3) синхронність рухових одиниць.

42. Охарактеризуйте м'язову «мудрість» як ефект структури активності потенціалів дії.

М'язова «мудрість» відноситься до зміни розряду рухових одиниць під час виникнення втоми. Зокрема, коли м'язові скорочення викликають втому, інтенсивність розряду потенціалів дії рухової одиниці зменшується. Це зумовлено не порушенням процесів, пов'язаних із утворенням і розповсюдженням потенціалів дії, а це – адаптація нервової активності до умов у м'язі, що змінилися.

43. Що таке подвійний розряд як ефект структури активності потенціалів дії?

Подвійний розряд характеризує розряд двох потенціалів дії окремої рухової одиниці в межах 10 мс. Рухові одиниці організму людини розряджаються в діапазоні 7-35 Гц, тобто інтервал між послідовними потенціалами дії складає 30-140 мс. Коли рухова одиниця стимулюється з частотою 12 Гц (інтервал між розрядами 82 мс) і потім подвійний розряд (інтервал 10 мс) втручається в серію стимулів, то значно зростає сила, що утворюється руховою одиницею.

44. Що відбувається під час синхронності рухових одиниць як ефекту структури активності потенціалів дії?

Синхронність рухової одиниці характеризує тимчасовий взаємозв'язок потенціалів дії в рухових одиницях. Тобто спостерігається певний ступінь одночасності розряду рухових одиниць, який зумовлений єдиним імпульсом, що потрапляє до рухового нейрона із будь-якого джерела. Подібна синхронність властива для рухових одиниць, які належать одному м'язу, а також м'язам-синергістам.

45. Як довжина м'яза впливає на утворення ним сили?

Відповідно теорії ковзання філаментів, утворення м'язом сили супроводжується ковзанням товстого і тонкого філаментів відносно один одного. Поперечні мостики, які йдуть від товстих філаментів здатні прикріплюватись до тонких філаментів, а потім зазнають структурно-хімічних перетворень, у результаті яких утворюється розтягуюча сила. Після цього поперечні мостики відкріплюються і можуть повторити цикл знову. Отже, розвиток сили залежить від цих циклів прикріплення-відкріплення поперечних мостиків. Чим більша кількість циклів відбувається одночасно, тим більше утворювана сила. Оскільки під час роботи довжина м'яза змінюється, а тонкий і товстий філаменти ковзаються один відносно іншого, змінюється і кількість учасників прикріплення поперечних мостиків. Із цього можна зробити висновок, що величина напруги змінюється залежно від перекриття товстого і тонкого філаментів у межах саркомера. При цьому варто відмітити, що максимальне взаємне перекриття тонкого і товстого філаментів, і як наслідок – найбільша

величина сили скорочення, спостерігається при середній довжині саркомера, тобто довжині м'яза. Подальше скорочення м'яза супроводжується поступовим зменшенням кількості утворюваних мостиків (циклів прикріплення-відкріплення), тому і зменшується сила скорочення.

46. Який внесок сполучної тканини м'яза в утворювану ним силу?

Величина сили, утворюваної м'язом, не залежить виключно від активного процесу циклів поперечних мостиків. Це пов'язано з тим, що в складі м'яза є чимала кількість сполучної тканини (ендомізій, перимізій, епімізій, сухожилки) і цитоскелетних компонентів (структури, що забезпечують фізичний каркас для взаємодії скорочувальних білків). Під час розтягнення м'яза ці компоненти утворюють пасивну силу, яка поєднується із активною, що зумовлена активністю поперечних мостиків. Унаслідок такої взаємодії сила, утворювана м'язом, зумовлена як скорочувальними (міофіламенти), так і структурними (сполучна тканина і цитоскелет) елементами м'яза.

47. Чи завжди внесок активних і пасивних компонентів м'яза в утворювану ним силу однаковий?

Внесок активних і пасивних компонентів у силу м'яза під час зміни його довжини неоднаковий. Так, коли довжина м'яза більш коротка, величина сили зумовлена активним його компонентом (активність поперечних мостиків), тоді як у випадку збільшеної довжини – в основному пасивним компонентом.

Рухові рефлекси

1. Що таке руховий рефлекс?

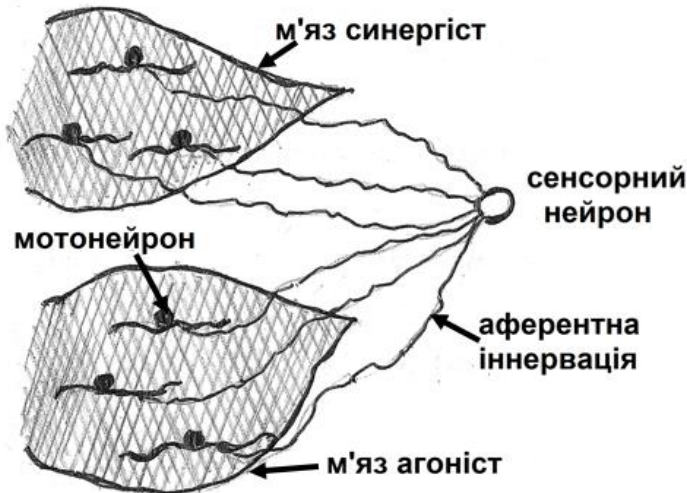
Руховий рефлекс визначається як стереотипна рухова реакція організму на сенсорний стимул.

2. До якої ефекторної ознаки відносяться рухові рефлекси?

Рухові рефлекси за ефекторною ознакою відносяться до соматорухових.

3. Окресліть нервову схему, яка є основою рухового рефлексу.

Найпростіша нервова схема, що є основою рухового рефлексу, включає чуттєве нервове закінчення, його аферентну іннервацію та групу рухових одиниць, які приймають імпульс аферента. Крім того, ця схема може включати групу м'язів-синергістів, а також взаємодію між парою м'язів-антагоністів.



4. Які рухові рефлекси Вам відомі?

Розрізняють основні рухові рефлекси: рефлекс розтягнення м'яза, реципрокний рефлекс гальмування, згинальний і перехресний розгинальний рефлекси, рефлекс Хоффмана, рефлекс тонічної вібрації та інші.

5. Опишіть механізм дії рефлексу розтягнення м'яза.

Коли м'яз відчуває короточасне несподіване збільшення довжини, його реакцією є рефлекс розтягнення. Наприклад, людина трималась за ручку дверей, яка несподівано почала рухатись. Це викликало у людини розтягнення м'язів-розгиначів зап'ястя. Рефлекс розтягнення включає принаймні два компоненти: перший – реакцію короточасної латентності у вигляді розтягування м'яза, яку викликає нервова система, обмежена спинним мозком, і другий – характеризується довгостроковою і більш складною структурою, яка, очевидно, включає рухову ділянку кори головного мозку, що блокує подальше розтягнення. Чуттєве нервове закінчення, яке бере участь у рефлексі розтягнення м'яза, складається, як мінімум, із трьох м'язових веретен, а також аферентів м'язових веретен. Потенціали дії утворюються в аферентах м'язових веретен у відповідь на розтягнення м'яза і розповсюджуються у напрямку до спинного мозку, де викликають синаптичні потенціали в рухових нейронах, які іннервують м'яз, в якому знаходиться веретено. За умови адекватного розтягнення в руховому нейроні утворюється достатня кількість синаптичних потенціалів, щоб викликати потенціал дії, який призведе до м'язового

скорочення. Оскільки рефлекс розтягнення виникає за будь-якої несподіваної зміни довжини м'яза, він може виникнути і під час руху. Якщо під час руху виникла невідповідність між очікуваною і фактичною довжиною м'яза, цієї різниці буде достатньо, щоб виник рефлекс розтягнення. В таких умовах, однак, можуть активізуватися сухожилкові органи, а їх аферентні групи можуть надіслати гальмівний сигнал до спинного мозку, що заблокує скорочення м'яза. Більше того, оскільки в рефлекс розтягнення м'яза утягнута кора головного мозку, то нервова система здатна розповсюджувати імпульси на м'язи, які не підлягають розтягненню, включаючи м'язи-антагоністи.

6. У чому полягає сутність дії реципрокного гальмівного рефлексу?

Сутність функціонування реципрокного гальмівного рефлексу полягає у зниженні збудливості рухових нейронів, які іннервують м'яз-антагоніст унаслідок розтягнення м'яз-агоніста, наприклад, під час виконання вправ на розвиток гнучкості. Механізм такої дії зумовлений впливом імпульсу аферента м'язового веретена на рухові нейрони, що іннервують м'яз-антагоніст. Коли аферент м'язового веретена досягає спинного мозку, то він розгалужується. Одне із цих розгалужень утворює синапс із гальмівним інтернейроном, який здатний утворювати гальмівні постсинаптичні потенціали у рухових нейронах м'яз-антагоніста.

7. Як відбуваються згинальний і перехресний розгинальний рефлекс?

Коли шкіряні рецептори приймають негативний стимул, вони реагують відсмикуванням від ділянки дотику. Наприклад, якщо стимул діє на задню частину ноги, очевидно, реакцією буде відведення ноги в сторону від дії стимула, звідси і назва «згинальний рефлекс». Час реакції складає біля 100 *мс*. Однак оскільки сенсорні сигнали передаються через полісинаптичні шляхи, аферентний вхідний сигнал може бути змінений, унаслідок чого рухова реакція також може змінитись. Шкіряний аферент, що бере участь у згинальному рефлексі, розгалужується в ділянці входження до спинного мозку. Таким чином, він розподіляє вхідний сигнал по різним мішеням. Ці мішені включають рухові рефлекси, які іннервують м'язи-розгиначі в протилежній кінцівці. Часто згинальний рефлекс супроводжується перехресним, який включає збудження рухових нейронів, що іннервують м'язи-розгиначі, і гальмування рухових нейронів м'язів-згиначів протилежної кінцівки. Подібний зв'язок дуже доцільний, оскільки якщо одна нога згинається під дією стимулу, то випрямлення протилежної кінцівки забезпечує опору.

8. Поясніть рефлекс Хоффмана.

Рефлекс Хоффмана, або по-іншому Н-рефлекс, це штучно викликана реакція на дію електричної стимуляції

периферичного нерва. Проявляється вона скороченням м'яза, який іннервується стимульованим нервом. Використовують даний рефлекс з метою оцінки збудливості нервово-м'язової системи. Величину реакції на стимул вимірюють за допомогою електроміограми або як силу скорочення м'яза. Коли під час електричної стимуляції активуються м'язові веретена, то їх потенціали дії розповсюджуються у напрямку до спинного мозку, де вони викликають постсинаптичні потенціали в рухових нейронах. Утворення потенціалів дії залежить від величини синаптичних потенціалів і мембранного потенціалу. Чим ближче мембранний потенціал до порогу утворення потенціалу дії, тим вірогідніше, що синаптичні потенціали, викликані електричним стимулом, призведуть до утворення потенціалу дії. Якщо величина мембранних потенціалів значної кількості рухових нейронів наближена до порогу, стимули викличуть утворення потенціалів дії у великій кількості рухових нейронів, і реакція на електричне подразнення буде більш значною. Саме тому рефлекс Хоффмана використовують для оцінки рівня збудливості пула рухових нейронів.

9. Чи змінюється рефлекс Хоффмана (H-рефлекс) залежно від спрямування та величини фізичного навантаження?

Рефлекс Хоффмана змінюється залежно від спрямування та величини фізичного навантаження. Так, рефлекс

збільшується, якщо він викликаний під час максимального довільного скорочення після виконання тренувань силового спрямування. Очевидно, посилення рефлексу зумовлене підвищеною збудливістю рухових нейронів, яка виникла після втілення програми тренувань. Крім того, рефлекс може зменшуватись у випадку перетренованості організму (досліджено на групі плавців) і повертатись до нормальних показників після зменшення обсягу тренувальної роботи.

10. Які особливості рефлексу тонічної вібрації?

Рефлекс тонічної вібрації використовують для відновлення рухової функції верхніх кінцівок. Схема рефлексу включає м'язове веретено та рухові одиниці, що активуються внаслідок збудження м'язових веретен. Разом з тим вібрація активує як моно-, так і полісинаптичні шляхи. Потрібно відзначити, що м'язове веретено дуже чутливе до вібрації невеликої амплітуди з частотою 50-150 Гц, що забезпечує достатній стимул для збудження багатьох м'язових веретен та активації необхідної кількості рухових одиниць, наслідком чого буде збільшення м'язової сили під час субмаксимального скорочення. Більш того, вібрація призводить до зниження збудливості рухових нейронів, які іннервують м'яз-антагоніст, через схему реципрокного гальмування. Хоча вібрація і викликає рефлекторну реакцію збільшення м'язової сили, проте вона пригнічує сухожилковий рефлекс та рефлекс Хоффмана.

11. Як відбувається сухожилковий рефлекс?

Сухожилковий рефлекс виникає, коли сухожилок м'яза (наприклад, чотириголового чи литкового) піддається легкому удару. Унаслідок цього відбувається стрімке скорочення м'яза, яке викликає короткочасне збудження рецепторів, що розташовані всередині м'язової тканини. Латентний період сухожилкового рефлексу надзвичайно короткий, що не перевищує 1,5 мс. Це свідчить про мінімальну кількість нервових клітин і синапсів, які складають його рефлекторну дугу, а саме, два нейрони і один синапс між ними. Така проста будова рефлексу свідчить про погане його гальмування та координацію головним мозком. Звідси людина, що стоїть, ймовірно впаде, якщо навіть несильно вдарити по ахілловому сухожилку.

12. Що таке орієнтовний рефлекс?

Під орієнтовним рефлексом розуміють реакцію організму на хоч яке нове подразнення, що виникає у навколишньому середовищі. Такими подразниками можуть бути, наприклад, світло, звук, запах, дотик. Орієнтовний рефлекс проявляється руховою реакцією організму, а також його вегетативними змінами: частоти серцевих скорочень, дихання, артеріального тиску, електрошкіряного опору та інше. Рефлекс є наслідком діяльності головним чином сітчастого утвору мозку, таламуса, лімбічної системи. Ці структури через неспецифічні висхідні шляхи активують кірку головного мозку та певні підкіркові утвори.

13. Поясніть функціонування статокінетичних рефлексів.

Статокінетичні рефлексі організму людини забезпечують підтримання пози тіла, коли змінюється швидкість руху. Дія рефлексів відбувається завдяки збудженню рецепторів півколових каналів вестибулярного апарату, що виникає внаслідок руху ендолімфи всередині цих каналів. Прискорення, що виникає під час обертання тіла людини у горизонтальній площині, збуджує рецептори горизонтального півколового каналу. Наслідком цього є рефлекторна реакція око рухового апарату у вигляді горизонтального очного ністагму. Ця реакція відбувається тому, що в момент прискорення обертання яблука ока рухаються в протилежний бік відносно напрямку обертання. Коли очні яблука досягають максимальної амплітуди відхилення, вони швидко переміщуються у напрямку руху. Завдяки цьому в поле зору потрапляє інша точка простору. Таким чином, ністагм створює умови для збереження нормальної зорової орієнтації в навколишньому оточенні. Площина ністагму співпадає з площиною обертання, тому існує також вертикальний та коловий ністагм.

14. Чому руховий нейрон не сприймають як головний інтегруючий елемент у контролі руху?

Безумовно, руховий нейрон є центральним елементом схеми, до якого надходять аферентні імпульси, наприклад, від чуттєвих нервових закінчень, та імпульси від спинного чи головного мозку. Хоча руховий нейрон продовжують

розглядати як заключний загальний шлях, по якому імпульси передаються до м'язів, проте дослідницьким шляхом з'ясовано, що він усе ж таки не є головним інтегруючим елементом у контролі руху. Саме мільйони синаптичних з'єднань у спинному мозку утворюють основу взаємодії між нервовими елементами. Ці взаємодії базуються на сумуванні збуджувальних і гальмівних постсинаптичних потенціалів. Очевидно, інтернейрон відіграє головну роль в цій інтеграції. Більша частина імпульсів «скупчується» у різних інтернейронах, а не йде безпосередньо до рухових нейронів. У результаті загальний імпульс може змінитись, перш ніж буде переданий руховим нейронам.

15. Чому рефлексі як стереотипні рухові реакції усе ж таки можуть змінюватись під час виконання руху?

Синтез прийнятих нервовою системою імпульсів для виникнення рухових рефлексів здійснюється не на рівні рухового нейрону, а на рівні інтернейронів спинного мозку. Це свідчить про те, що схема рефлексів включає альтернативні шляхи, внаслідок чого аференти мають альтернативні збуджувальні та гальмівні шляхи до рухових нейронів. Отже, рефлексі можуть змінюватись під час руху. Наприклад, коли литковий м'яз відчуває больовий стимул, його реакцією є згинання ноги в колінному суглобі. Однак під час ходьби м'язи ноги необхідні для утримання доцільного положення тіла в певні фази виконання кроку. Отже, нижня кінцівка не може бути

відведена у відповідь на дію стимулу. Нервова система змінює реакцію на стимул, щоб забезпечити утримання необхідного в даний момент положення тіла. Кінцівка відводиться лише тоді, коли це стає можливим з механічної точки зору.

16. Як адаптація до фізичної активності змінює деякі рухові рефлекси?

Фізична активність певного напрямку може змінювати взаємозв'язок вхідного і вихідного імпульсів, що генеруються нервовою системою. Наприклад, біг протягом 20 хв стимулює послаблення рефлексу Хоффмана (H-рефлексу) в триголових литкових м'язах. Фізичне навантаження здатне також посилювати і послаблювати рефлекс розтягнення м'яза. Такі зміни рефлексів, очевидно, зумовлені адаптацією елементів нервової схеми, що сприймають імпульси від спинного мозку. У першу чергу мова йде про синапси м'язового веретена на руховому нейроні і власне руховий нейрон. Оскільки пресинаптичні імпульси із різних спинномозкових ділянок здатні гальмувати синапси м'язових веретен, то саме вони є найбільш вірогідними «кандидатами» довгострокової адаптації рефлексів розтягнення та Хоффмана.

17. Поясніть взаємозв'язок між пресинаптичним гальмуванням та руховими рефlekсами.

Пресинаптичне гальмування може змінювати рухові рефлекси, коли імпульс із чуттєвого нервового закінчення надходить постійно. Наприклад, адаптація рефлексу

розтягнення здійснюється завдяки нашаруванню гальмівного впливу на потенціал дії, які передаються через аферентні аксони м'язового веретена великого діаметру. Пресинаптичне гальмування, коли зменшує потенціал дії і кількість нейромедіатора, що виділяється синапсом аферент-руховий нейрон, то змінює взаємозв'язок між вхідним і вихідним імпульсами. У результаті цього м'язове скорочення як реакція на один і той же стимул розтягнення м'яза може бути різною.

18. Як впливає активація клітини Реншоу на рухові рефлекси?

Такий інтернейрон, як клітину Реншоу активують спинномозковий імпульс, м'язові аференти, що мають аксони невеликого діаметру, а також колатеральне відведення аксона α -мотонейрона. Клітина Реншоу, у свою чергу, генерує гальмівний постсинаптичний потенціал у цих же рухових нейронах, а також в інших інтернейронах. Схема, що включає колатераль аксона, клітину Реншоу та руховий нейрон, називають зворотним гальмуванням. Зворотне гальмування із певного пулу рухових нейронів, недивлячись на його слабкість, розповсюджується на інші пули рухових нейронів. Тому його активація може викликати зниження збудливості рухових нейронів. Причому воно чинить найбільший вплив на збудливість невеликих рухових нейронів. Оскільки зворотне гальмування в пулі рухових нейронів зростає під час слабких

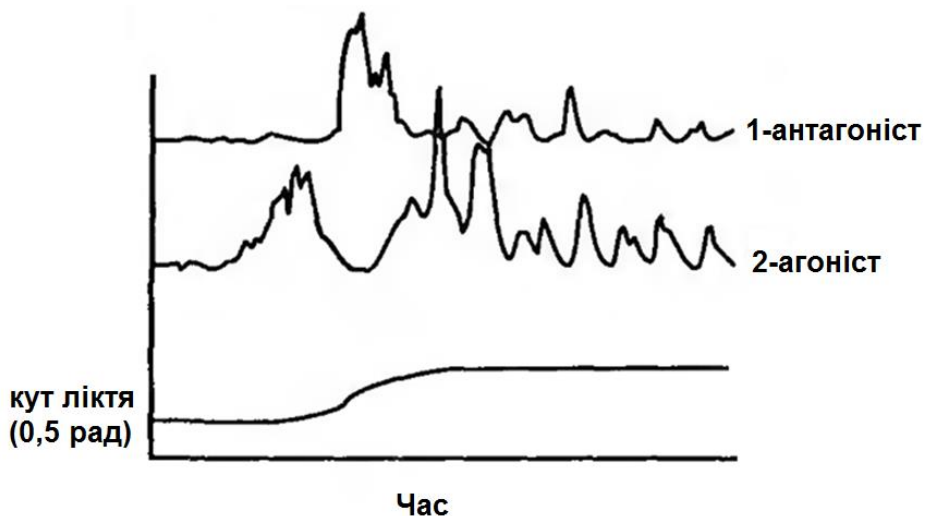
м'язових скорочень і зменшується під час сильних, то більш високим воно виявляється, коли спостерігається активність невеликих рухових нейронів, і знижується, коли рекрутуються великі рухові нейрони. Зокрема, збільшення зворотного гальмування спостерігається під час викликаючих утому м'язових скорочень. Крім того, зворотне гальмування викликає гальмівні постсинаптичні потенціали в γ -мотонейронах, а також в гальмівному інтернейроні. Зв'язок з γ -мотонейроном свідчить, що зворотне гальмування може змінювати збудливість м'язового веретена і, відповідно, впливати на взаємозв'язок вхідного-вихідного імпульсу рефлексу розтягнення. Зв'язок з гальмівним інтернейроном демонструє, що зворотне гальмування може зменшувати збудливість інтернейрона, який є посередником у реципрокному рефлексі гальмування. Отже, зворотне гальмування здатне здійснювати розгальмування. Як підсумок, зворотне гальмування представляє собою суттєвий елемент адаптації рефлексів.

Основні стратегії управління рухами, спрямованими до цілі

1. Які рухові дії характеризуються тріімпульсною конфігурацією електроміограми?

Коли людина виконує спрямований до цілі рух, наприклад, удар у боксі, основні м'язи-агоністи та антагоністи, що управляють рухом, як правило, характеризуються

триімпульсною конфігурацією електроміограми. Така послідовність інтенсивності ЕМГ проявляється під час рухів зі швидкістю в межах від середньої до високої. Вона включає вихідний імпульс ЕМГ агоніста, за яким спостерігається імпульс ЕМГ антагоніста і потім – другий імпульс ЕМГ агоніста. Три цих імпульси зазвичай нашаровуються, але їх вершини розташовуються за чергою агоніст-антагоніст-агоніст (див. рис., що характеризує інтенсивність ЕМГ під час руху у ліктьовому суглобі). Ця послідовність називається набором АВС, де А – імпульс дії, В – імпульс гальмування, С – імпульс фіксації. Імпульс дії розганяє кінцівку в напрямку цілі, імпульс гальмування уповільнює рух кінцівки чим ближче до цілі, а імпульс фіксації фіксує кінцівку в позиції цілі.



2. Пояснить гіпотезу подвійної стратегії.

На основі результатів експериментальних досліджень вчені запропонували гіпотезу подвійної стратегії, яка дає можливість охарактеризувати рухові дії, що спрямовані до цілі. Ця гіпотеза пояснює варіації в електроміограмі, що виникають в результаті активації м'язів-агоністів та антагоністів, а також в обертальному моменті м'язів, що супроводжують такі рухи. Причому рухи можуть характеризуватися різними швидкостями, напрямками і навантаженнями. Основу гіпотези складає модель збудження рухового нейрона у вигляді прямокутного імпульсу, тобто суми двох постійних напруг, рівних за величиною і протилежних за напрямком. Прямокутний імпульс можна модулювати в результаті варіювання його амплітуди та тривалості. Зокрема, модуляція за амплітудою збудження є залежною від швидкості стратегією, яка включає збільшення амплітуди ЕМГ і обертального моменту, а також зменшення прихованого стану до появи ЕМГ антагоніста. На противагу цьому модуляція за тривалістю збудження є незалежною від швидкості стратегією. Вона включає збільшення тривалості ЕМГ та обертального моменту, а також збільшення прихованого стану до появи ЕМГ антагоніста. Тобто, коли людині необхідно виконати рухове завдання за обмежений час, вона вибирає залежну від швидкості стратегію. Однак, якщо людина вільна у виборі швидкості руху, нервова система обирає незалежну від швидкості стратегію, яка являє собою вибір інтенсивності

(амплітуди) збудження і наступне погодження її з тривалістю, необхідною для здійснення бажаного руху.

3. Як лямбда-модель пояснює управління рухами, спрямованими до цілі?

Відомо, що виконання рухів контролюється не тільки преруховими командами ЦНС, які надходять до рухових нейронів, але і за посередництва аферентного зворотного зв'язку, який виникає під час руху. Звідси було запропоновано пояснення, згідно якого управляємим параметром таких спрямованих до цілі рухів є поріг тонізуючого рефлексу розтягнення м'яза. У цій моделі, яка дістала назву лямбда-модель, управління рухами здійснюється в результаті саме варіювання порогу тонізуючого рефлексу розтягнення м'яза.

4. Як одночасне існування двох гіпотез управління рухами (гіпотеза подвійної стратегії та лямбда-модель) впливають на аналіз електроміограми рухів, спрямованих до цілі?

Об'єднання гіпотези подвійної стратегії в управлінні рухами та лямбда-моделі дало можливість зробити висновок, що деякі характеристики кривих електроміограми можливі за рахунок центральних команд, наприклад, поява ЕМГ м'яза-антагоніста, а інші характеристики, такі як амплітуда та тривалість ЕМГ, головним чином залежать від аферентних сигналів, які продукуються під час руху.

5. Чому гіпотеза подвійної стратегії та лямбда-модель не повністю дають можливість описати рухи, в яких залучається багато суглобів?

Гіпотеза подвійної стратегії та лямбда-модель як найкраще характеризують односуглобові рухи. Проте управління багатосуглобовими рухами не може бути представлене як просте сумування односуглобових стратегій. Потрібно враховувати додатково ще й міжсегментну динаміку частин тіла, що беруть участь у русі.

6. Яка стратегія управління рухами найбільш відповідна під час виконання багатосуглобових рухів?

Під час виконання багатосуглобових рухів спостерігається сумісне збудження м'язів.

7. Яке явище називають сумісним збудженням?

Сумісне збудження – це одночасна дія м'язів, які складаються із набору агоністів та антагоністів.

8. Як сумісне збудження м'язів впливає на міжсегментну динаміку частин тіла?

Сумісне збудження м'язів чинить механічний вплив на суглоб у вигляді підвищення його жорсткості (стійкості), що перешкоджає руху в ньому. Кожна група м'язів, які перетинають суглоб, здатна створювати багато варіантів співвідношення кута суглоба та обертального моменту залежно від рівня збудження. Із цих варіантів співвідношення для кожної

групи м'язів невральне управління вибирає одну пару таким чином, щоб результуюче співвідношення кута суглоба і обертального моменту мало більший ступінь жорсткості.

9. За яких обставин сумісне збудження м'язів є бажаною стратегією управління рухами?

Завдяки збільшенню жорсткості і, відповідно, стійкості суглоба, сумісне збудження можна розглядати як бажану стратегію управління рухами, коли людина засвоює нові рухові завдання або здійснює рухи, що вимагають високого ступеню точності.

10. Назвіть основні причини використання невральним управлінням сумісного збудження м'язів.

Існує три основних причини використання невральним управлінням рухами сумісного збудження м'язів. По-перше, для рухів, які зумовлюють зміну напрямку, наприклад, зміна згинання рук в упорі лежачи їх розгинанням, видається більш економічним підтримувати рівень тонічної активності м'язів-агоністів та антагоністів порівняно із їх почерговим включенням і виключенням. По-друге, завдяки збільшенню жорсткості і, відповідно, стійкості суглоба, сумісне збудження може бути бажаною стратегією, коли люди долають значні зовнішні обтяження. По-третє, одна із можливостей двосуглобових м'язів пов'язана з передачею енергії від одного суглоба до іншого. Наприклад, сумісне збудження м'язів, які перетинають

кульшовий суглоб, може збільшувати обертальний момент у колінному суглобі. Ця стратегія може виявитись корисною в умовах, коли необхідно людині проявляти максимальні зусилля, або під час зниження м'язової сили, зумовленої фізичною втомою.

11. У чому полягає перевага використання стратегії збільшення-зменшення довжини м'яза в управлінні рухами?

Загальною схемою збудження м'язів, зокрема, під час виконання рухових завдань, які вимагають значної м'язової напруги, є використання ексцентрично-концентричної послідовності, за якої діючий м'яз спочатку збільшує, а потім зменшує свою довжину. Перевага цієї стратегії управління рухами заключається в тому, що м'яз може виконати значно більшу позитивну роботу, якщо він активно розтягується, раніше ніж зменшить довжину. У результаті цього циклу збільшення-зменшення під час концентричного скорочення виконується більша кількість роботи порівняно з тим, якщо б м'яз сам по собі виконував концентричне скорочення.

12. Який процес забезпечує функціонування циклу збільшення-зменшення довжини м'яза як стратегію управління рухами?

Попереднє ексцентричне скорочення, тобто збільшення (розтягнення) довжини м'яза, навантажує послідовний і паралельний пружний його компоненти. В результаті їх

розтягнення відбувається накопичення пружної енергії. Отже, для виконання роботи у вигляді ексцентрично-концентричного скорочення (циклу збільшення-зменшення довжини м'яза) надається додаткова енергія пружної деформації тканин поряд з тією, що утворюється в процесі хімічних перетворень.

13. Від яких механічних характеристик залежить здібність м'яза використовувати накопичену пружну енергію?

На здібність м'яза використовувати накопичену під час циклу збільшення-зменшення своєї довжини пружну енергію впливає три перемінні, а саме, час, величина подовження та швидкість подовження.

14. Поясніть вплив часу, величини та швидкості подовження м'яза на ексцентрично-концентричне скорочення.

Коли відбувається ексцентрично-концентричне скорочення м'яза, то між збільшенням і наступним зменшенням його довжини не повинно бути ніякої затримки часу. В протилежному випадку деяка частина накопиченої пружної енергії втрачається, тобто розсіюється. Втрата енергії зумовлена роз'єднанням і відновленням під час цієї затримки поперечних міжклітинних мостиків, унаслідок чого після відновлення міофіламенти піддаються меншому натягу. Аналогічно, якщо м'яз надто розтягується, то після збільшення його довжини

зберігається менше поперечних міжклітинних мостиків і, отже, накопичується менше пружної енергії. Однак за умови, що поперечні міжклітинні мостики зберігаються, чим вище швидкість подовження м'яза, тим більше накопичується пружна енергія.

15. Який механізм забезпечує управління маніпулятивними рухами людини?

Кисть руки людини може здійснювати маніпулятивні рухи, тобто рухи, що вимагають мілкої і, водночас, високої точності виконання роботи. Таке можливе за умови тісної координації рухів кисті та діяльності головного мозку, які є близькими партнерами у здатності людини досліджувати фізичний світ і змінювати його. Як дослідження, так і зміна навколишнього середовища залежать від точного опису механічного стану об'єкту, з яким взаємодіє кисть руки. Значна частина цієї інформації надається механорецепторними аферентними одиницями, які збуджують позбавлену волосся шкіру кисті руки. Ці чутливі нервові закінчення беруть участь у проведенні, що отримало назву активна пальпація.

16. Чи завжди під час виконання рухових завдань рухові одиниці активуються в упорядкованій послідовності, тобто у напрямку від найменших до найбільших?

На основі наукових досліджень схеми збудження рухових одиниць під час виконання певних рухових завдань частина

науковців свідчить про зміну порядку послідовності збудження пулу рухових одиниць. Так, відомо, що ексцентричне скорочення дає можливість проявити м'язу більшу величину сили, порівняно з його ізометричним або концентричним скороченням. Це зумовлено різною механічною характеристикою м'яза під час цих типів скорочень. Вважається, якщо існують механічні відмінності, то порядок використання рухових одиниць також може відрізнятись під час ексцентричних скорочень, коли великі (високопорогові) рухові одиниці можуть рекрутуватися раніше малих рухових одиниць. Очевидно, існує дві схеми активації рухових одиниць: одна – для концентричних, а інша – для ексцентричних скорочень. Існують також відомості, що іншою умовою, за якою може змінитись черговість використання рухових одиниць, є втома. Експериментально встановлено, що під час виконання одного і того ж рухового завдання перед скороченням, що викликає втому, і після нього рухові одиниці, які брали участь у здійсненні руху, можуть змінюватись у послідовності рекрутування. Наступною особливістю, що може змінити порядок залучення рухових одиниць, є, можливо, зміни в шкіряному зворотному зв'язку. Науковці виказують припущення, що зусилля м'яза, утворюване пулом рухових одиниць, може змінитися в результаті управління зворотним зв'язком від шкіряних аферентів.

РОЗДІЛ 5. ВИЩА НЕРВОВА ДІЯЛЬНІСТЬ ЯК СТИМУЛ УТВОРЕННЯ УМОВНИХ РЕФЛЕКСІВ

Умови утворення умовних рефлексів

1. Що таке умовний рефлекс?

Умовним рефлексом називається реакція організму, що формується за певних умов у ході індивідуального розвитку людини.

2. За якими ознаками умовні рефлекси відрізняються від безумовних?

Умовні рефлекси мають відмінні ознаки порівняно з безумовними:

Безумовні рефлекси	Умовні рефлекси
Надані від народження реакції	Набуті реакції
Постійно існуючі реакції	Тимчасово існуючі реакції
Реакції, притаманні біологічному виду	Індивідуальні реакції
Існують готові рефлекторні дуги	Утворюються нові рефлекторні дуги
Здійснюються всіма відділами ЦНС	Здійснюються провідними відділами ЦНС

3. Назвіть кроки формування умовних рефлексів.

Щоб утворився набутий рефлекс, необхідне здійснення декількох кроків: 1) поєднання будь-якого індиферентного (байдужого) подразника з яким-небудь значущим безумовним подразником; 2) індиферентний (байдужий) подразник повинен

передувати безумовному, щоб набути сигнального значення;
3) нервові центри, яким спрямовані подразнення, повинні бути в стані оптимального збудження.

4. Який механізм лежить в основі формування нової рухової навички як умовного рефлексу?

Механізм формування рухової навички пов'язаний з утворенням нової рефлексорної дуги, в якій до еферентної частини існуючого рефлексу приєднується новий еферентний початок рефлексорної дуги, що впливає на виконавчі органи – м'язи. Між центрами цих вихідних рефлексів формується новий зв'язок, який дістав назву тимчасового.

5. Які існують фази утворення рухової навички?

Процес утворення рухової навички включає наступні фази:

- 1) генералізації (загальне сприйняття сигналу, коли умовна реакція спостерігається на будь-який подібний сигнал), основою цього є процеси іррадіації збудження в кірці великих півкуль;
- 2) концентрації збудження (реакція тільки на конкретний сигнал), яка виникає за рахунок утворюваного умовного гальмування на сторонні непідкріплювальні сигнали;
- 3) стабілізації (зміцнення умовного рефлексу).

6. Яким чином відбувається процес іррадіації?

Розповсюдження процесів збудження на інші нервові центри називають явищем іррадіації. Під час подразнення одного рецептора збудження може розповсюдитись в центральній нервовій системі в будь-якому напрямку і на яку

завгодно нервову клітину. Це відбувається завдяки численным взаємозв'язкам нейронів однієї рефлекторної дуги з нейронами інших рефлекторних дуг. Чим сильніше аферентне подразнення і чим вище збудливість оточуючих нейронів, тим більшу кількість нейронів охоплює процес іррадіації.

7. Які процеси гальмують розповсюдження збудження в центральній нервовій системі?

Процеси гальмування обмежують іррадіацію і сприяють концентрації збудження у початковій точці ЦНС.

8. Яку роль відіграють процеси іррадіації під час формування нових реакцій організму?

Процес іррадіації відіграє важливу позитивну роль під час формування умовних рефлексів. Чим більша кількість активується різних нервових центрів, тим легше відібрати з їх числа найбільш потрібні центри для наступної діяльності. Завдяки іррадіації збудження між різними нервовими центрами виникають нові функціональні взаємозв'язки. На цій основі формуються нові рухові навички.

9. Який негативний вплив іррадіація може чинити на рухову діяльність людини?

Іррадіація збудження може виявляти і негативний вплив на стан і поведінку організму, коли вона порушує тонкі взаємовідносини між збудженими і пригальмованими нервовими центрами, що проявляється порушенням координації рухів.

10. Які типи гальмування умовних рефлексів Вам відомі?

Гальмування умовних рефлексів може бути безумовним (природженим) та умовним (набутим протягом життя).

11. Яке гальмування умовних рефлексів відноситься до безумовного?

До безумовного гальмування відноситься охоронне або позамежне гальмування. Воно виникає під час надмірно сильного або тривалого подразнення. Крім того, може бути і зовнішнє гальмування умовних рефлексів сторонніми для центрів умовного рефлексу подразниками, наприклад, порушення німічної рухової навички у спортсмена в незвичних умовах змагань.

12. За яких умов утворюється умовне гальмування?

Умовне гальмування умовних рефлексів утворюється за відсутності підкріплення умовного сигналу.

13. Назвіть види умовного гальмування.

Розрізняють декілька видів умовного гальмування, а саме, згасальне, диференційовальне та запізнювальне.

14. Як розвивається згасальне гальмування?

Згасальне гальмування розвивається, коли повторення умовного сигналу відбувається без підкріплення. Наслідком цього є поступове згасання умовного рефлексу. Потрібно зауважити, що чим міцніший умовний рефлекс, тим важче він піддається згасанню. Проте з часом згаслий умовний рефлекс може відновитися завдяки розгальмуванню.

15. Опишіть утворення диференціовального гальмування умовних рефлексів.

Диференціовальне гальмування утворюється за умови підкріплення одного умовного сигналу і відсутності підкріплення подібних з ним сигналів, на які спочатку (в період генералізації умовного рефлексу) виникала умовна відповідь. Цей вид гальмування дозволяє спортсмену, наприклад, диференціювати скорочення непотрібних м'язів під час формування рухової навички. Отже, диференціовальне гальмування має важливе координаційне значення.

16. Що таке запізнювальне гальмування умовних рефлексів?

Запізнювальне гальмування формується, коли спостерігається затримка на певний відрізок часу підкріплення від умовного сигналу. У цьому випадку після отримання умовного сигналу відповідь на нього відсутня (пригальмовується), але перед моментом підкріплення починає проявлятися. Отже, запізнювальні умовні рефлекси утворюються не відразу, а в умовах поступового відтягування початку підкріплення. У цій недіяльній фазі запізнювального умовного рефлексу виникає запізнювальне гальмування. Важливість запізнювального гальмування полягає в тому, що умовний рефлекс починається в потрібний момент від початку дії умовного подразника.

17. Який фізіологічний процес називають індукцією?

Під індукцією розуміють зміну одного фізіологічного процесу на протилежний, наприклад, збудження змінюється на гальмування і навпаки. Процес індукції буває одночасним і послідовним, а також позитивним і негативним. Прикладом одночасної негативної індукції може бути гальмування поточної рухової діяльності під впливом сторонніх подразників, які стимулюють зовнішнє безумовне гальмування. А послідовної позитивної індукції – посилення умовнорефлекторної реакції через певний час після гальмівного сигналу.

18. Який взаємозв'язок мають між собою явища іррадіації, концентрації та індукції нервових процесів?

Процеси іррадіації, концентрації та індукції мають складний взаємозв'язок між собою, тим самим створюючи особливу «функціональну мозаїку» роботи головного мозку.

Координаційна діяльність головного мозку

1. Яке явище діяльності головного мозку називають пам'яттю?

Пам'ять – особлива властивість нервової системи, що проявляється в здібності тривало зберігати і за певних умов відтворювати закодовану інформацію про події зовнішнього світу і реакції організму, а також уводити цю інформацію у сферу свідомості та поведінки.

2. Як пов'язані між собою пам'ять і умовний рефлекс?

Оскільки умовний рефлекс формується у ході навчання, а навчання неможливе без участі пам'яті, то і умовний рефлекс, і пам'ять – два нерозривних процеси.

3. Які існують види і форми пам'яті?

Пам'ять людини розрізняють за тривалістю збереження інформації, тобто короткочасну та довготривалу. Крім того, існує сенсорна, первинна, вторинна і третинна пам'ять.

4. У чому своєрідність сенсорної пам'яті?

Сенсорна пам'ять функціонує як один із перших етапів сприйняття інформації. Триває вона від 0,1 до 0,5 с. Сенсорна пам'ять важлива під час читання, сприйняття мови.

5. Яке значення має первинна пам'ять?

Первинна пам'ять характеризується тимчасовим збереженням інформації, а саме, від однієї до десятків секунд. Отже, вона є короткочасною пам'яттю, і щоб надовше зберегти інформацію, необхідне її кількаразове повторення.

6. Охарактеризуйте вторинну пам'ять.

Вторинна пам'ять відноситься до довготривалої пам'яті. Вона може зберігати інформацію від декількох десятків хвилин до місяців і навіть років. Вторинна пам'ять функціонує за допомогою виникнення зв'язків між окремими складовими, тобто шляхом утворення асоціацій. Звідси інша її назва – асоціативна пам'ять.

7. Якою тривалістю зберігання інформації володіє третинна пам'ять?

Тривале зберігання інформації – властивість третинної пам'яті. Вважається, що вона зберігає інформацію довічно, і це дуже важливо для рухових навичок.

8. Як пам'ять розрізняють за характером запам'ятовування?

За характером запам'ятовування пам'ять поділяють на образну, емоційну та умовнорефлекторну.

9. Поясніть значення образної пам'яті.

Образна пам'ять необхідна для закарбовування у нервовій системі значущого подразника. Вона є природженою властивістю нервової системи і важливим елементом процесу навчання.

10. Що таке емоційна пам'ять?

Властивістю емоційної пам'яті є здатність людини репродукувати пережитий раніше емоційний стан разом з деталями ситуації, що його спричинила, і суб'єктивним ставленням до неї. Емоційній пам'яті притаманне швидкість формування, міцність і мимовільність відтворення.

11. Чим характеризується умовнорефлекторна пам'ять?

Умовнорефлекторна пам'ять утримує комплекс умовних рефлексів, що сформувались і були закріплені протягом життя. Цей комплекс умовних рефлексів зумовлює поведінкові реакції людини.

12. У чому полягає необхідність для людини чуттєво-образної пам'яті?

Як правило, чуттєво-образна пам'ять оперує уявленнями. Вона поділяється на зорову, слухову, смакову, нюхову, рухову і дотикову. Так, для теоретичного навчання важливими є зорова і слухова пам'ять, а для формування рухових навичок – рухова.

13. Які процеси сприяють забуванню інформації?

Для пам'яті людини характерне забування інформації, тобто неможливість її відтворення у необхідний момент. Це об'єктивний процес, який пов'язаний із стиранням або руйнуванням інформації; втратою актуальності інформації і необхідністю заміни її на нову; в силу певних причин тривалим невикористанням інформації; подія або факт більше не відбувалися.

14. Що розуміють під явищем «домінанта»?

Панівний осередок збудження в центральній нервовій системі, який визначає поточну діяльність організму, характеризується як домінанта. Домінанта підкоряє собі роботу інших нервових центрів і може охоплювати цілі системи рефлексів, у тому числі й рухові.

15. Назвіть основні характеристики домінанти.

Нервові клітини домінантного осередку володіють підвищеною збудливістю, стійкістю збудження, здатністю до його сумації та мають певну післядію збудження. Коли домінанта пригнічує функціонування інших нервових центрів,

вона проявляє спряжене (поєднане) гальмування, тобто одночасну активацію одних центрів і гальмування інших. У випадку потрапляння до домінантного осередку значної кількості збуджень із інших ділянок ЦНС, вони поєднуються (сумуються) і виникає реакція у відповідь на умовне подразнення, яке до цього її не викликало.

16. Як відбувається об'єднання значної кількості нервових клітин в один домінантний осередок?

Об'єднання великої кількості нервових клітин в один домінантний осередок відбувається завдяки співналаштуванню їх на загальний темп активності, тобто засвоєнню ритму імпульсації. А саме, одні нервові клітини знижують свій більш високий темп діяльності, а інші, навпаки, підвищують низький темп до деякого середнього (оптимального) ритму.

17. Що таке потенціальна домінанта?

Випадок, коли домінантний осередок може довго знаходитись в прихованому, слідовому стані, називається потенціальною домінантою.

18. Поясніть явище актуалізації домінанти?

Якщо домінанта перебуває в прихованому стані, але на її нейрони подіяв збуджувальний сигнал, зумовлений, наприклад, колишньою зовнішньою ситуацією, вона може знову активізуватися. Так, в передстартовому стані бойової готовності активізуються всі ті нервові центри, які входили до робочої системи під час попередніх тренувань, і, відповідно, посилюються функції, що пов'язані з виконанням змагальної справи.

19. Як уявне виконання вправи забезпечує тренувальний ефект?

Уявне виконання фізичної вправи репродукує робочу домінанту, що забезпечує тренувальний ефект викликаних в думках рухів, і є основою так званого ідеомоторного тренування.

20. Чому повне м'язове розслаблення прискорює процеси відновлення?

Коли спортсмени повністю розслаблюють свої м'язи, досягається усунення робочих домінант, що прискорює процеси відновлення після виконання фізичних вправ.

21. Доведіть існування домінанти як фактору відбору найбільш значущих подразників.

Домінанта є важливою основою процесу уваги. Коли домінанта функціонує, багато впливів зовнішнього середовища залишаються поза увагою людини. Разом з тим, більш інтенсивно встановлюються та аналізуються ті з них, які її цікавлять. Отже, домінанта є потужним фактором відбору як біологічних, так і соціальних найбільш значущих подразників.

22. Що називають динамічним стереотипом?

Сформована в мозку система певної послідовності умовних і безумовних рефлексів на основі чергування процесів збудження і гальмування називається динамічним стереотипом.

23. Що є умовою формування динамічного стереотипу?

Динамічний стереотип утворюється за умови повторення одного і того ж порядку чергування подразників (зовнішніх

ситуацій, у тому числі рухових дій), що виражається в ланцюгу закріплених реакцій у відповідь і проявляється мало не автоматично після дії першого ж подразника.

24. Чому стереотип називається динамічним?

Зміна умов зовнішнього середовища викликає перебудову або навіть руйнування системи, що сформувала стереотипний ланцюг реакцій. Звідси і назва – динамічний стереотип. Однак цей процес непростий, іноді і неможливий через стійке закріплення попереднього стереотипу. Тому подекуди важко позбутися вже сформованої рухової навички, що не відповідає технічним параметрам якісного виконання фізичної вправи.

25. Який динамічний стереотип називається руховим?

Коли людина тривалий час повторює одну і ту ж рухову дію, в її кірці великих півкуль утворюється ланцюг активних нервових центрів, що по чергово збуджуються або пригальмовуються. У цьому ланцюгу активність кожного нервового центру автоматично викликає включення наступного. Отже, стереотип, пов'язаний з ланцюгом моторних актів, називається руховим динамічним стереотипом.

26. Під час виконання яких фізичних вправ легше утворюється руховий динамічний стереотип?

Руховий динамічний стереотип легше утворюється під час виконання циклічних вправ.

27. Що розуміють під умовнорефлекторним перемиканням?

Якщо у людини на один і той самий подразник виникають різні рефлекторні реакції, то така інтегративна діяльність мозку характеризується як умовнорефлекторне перемикання.

28. Який фактор лежить в основі умовнорефлекторного перемикання?

Формування умовнорефлекторного перемикання пов'язане із асоціативною пластичністю нервових клітин, тобто здатністю цих клітин утворювати різні реакції у відповідь на той самий сильний подразник в умовах різних видів підкріплень. При цьому основною рушійною силою, що створює необхідний центральний тонус для вибору програми і здійснення відповідної умовнорефлекторної поведінки, виступає мотивація.

29. Які існують типи вищої нервової діяльності?

Нервова система людини володіє такими важливими властивостями, як силою збудження і гальмування, їх врівноваженістю та рухливістю. З урахуванням цих властивостей виділяють наступні типи вищої нервової діяльності: сильний неврівноважений (холерик), сильний врівноважений і рухливий (сангвінік), сильний врівноважений інертний (флегматик) та слабкий (меланхолік).

30. У чому полягають відмінності між типами вищої нервової діяльності?

Кожний тип вищої нервової діяльності людини володіє відмінними властивостями. Зокрема, тип сильний

неврівноважений (холерик) характеризується сильним процесом збудження і більш слабким процесом гальмування. Людина з таким типом легко збуджується і важко пригальмовує свої реакції, що дає можливість їй легко захоплюватись якоюсь діяльністю, проте найменша дрібниця може звести виконану роботу нанівець. Тип сильний врівноважений і рухливий (сангвінік) відрізняється сильними врівноваженими і високорухливими процесами збудження і гальмування. Люди, які володіють таким типом вищої нервової діяльності, легко переключаються з одного виду діяльності на інший, швидко адаптуються до нової ситуації, наполегливо досягають поставленої мети та швидко перебудовуються відповідно до змінних умов середовища. Тип сильний врівноважений інертний (флегматик) має сильні і врівноважені процеси збудження і гальмування, але при цьому мало рухливий, тобто повільно переключається зі збудження на гальмування і зворотно. Такі особи важко переходять від одного виду діяльності до іншого, проте проявляють витривалість у роботі. Вони повільно адаптуються до нової ситуації, неквапливі у прийнятті рішень, консервативні у поведінці, їм властиве самовладання. Нарешті, тип слабкий (меланхолік) характеризується слабкими процесами збудження і гальмування, з деяким переважанням гальмівного процесу. Такі люди нерішучі, підкоряються чужій волі, не мають своєї думки, їм властивий страх перед якою завгодно відповідальністю. Проте вони дуже чутливі до слабких подразників і можуть легко їх розрізнити.

31. Чи є зв'язок між другою сигнальною системою та типами вищої нервової діяльності?

Друга сигнальна система значно розширила пристосувальні реакції людини до навколишнього світу. Завдяки цій системі з'явилися можливості до узагальнення сигналів першої та другої сигнальних систем, абстракцій, передачі набутого досвіду від одного покоління людей до іншого. Таким чином, друга сигнальна система склала основу письмової та усної мови, появи абстрактного мислення, виникнення науки, культури, мистецтва тощо. У зв'язку з тим, що у різних людей переважають реакції, пов'язані з першою або другою сигнальними системами, розрізняють суто людські типи нервової діяльності, а саме: розумовий, художній та середній.

32. Чим відрізняються між собою суто людські типи нервової діяльності (розумовий, художній, середній)?

Особам розумового типу нервової діяльності притаманне переважання другої сигнальної системи, а звідси – вони виявляють абстрактно-логічне мислення, здатні до детального аналізу дійсності. У той час, представники художнього типу характеризуються переважанням першої сигнальної системи. Їм властиве конкретне, образно-чуттєве мислення. У людей, що належать до середнього типу, узгоджується функціонування обох сигнальних систем. Це забезпечує їм рівновагу образно-чуттєвого та абстрактно-логічного мислення.

33. Які форми інтелекту людини Вам відомі?

Відповідно до типів нервової діяльності розрізняють наступні форми інтелекту людини: невербальний інтелект та вербальний інтелект.

34. Порівняйте між собою форми інтелекту людини.

Невербальний інтелект відображає природні можливості людини маніпулювати з безпосередніми подразниками, особливо зорово-просторовими. Вербальний ж інтелект дозволяє особам здійснювати операції зі словесним матеріалом, що визначає характер поведінкових реакцій, зокрема і в спортивній діяльності.

35. Від яких факторів залежить формування типу вищої нервової діяльності людини?

Тип вищої нервової діяльності кожної людини формується під впливом, у першу чергу, фактору спадковості психічної діяльності. Це так званий генотипічний фактор. Крім того, протягом життя людина знаходиться у соціальному середовищі, що разом із реаліями фізичного світу (фенотипічний чинник) також впливає на нервову діяльність. Отже, поєднання генотипічних та фенотипічних умов розвитку утворює індивідуальний характер особистості.

36. Що таке свідомість?

Під свідомістю розуміють найвищий ступінь психічної активності людини, що зумовлює її цілеспрямовану поведінку.

37. Які є ознаки свідомості?

До ознак свідомості відносять здатність до абстрактного мислення, членороздільної мови, прогнозування поведінки у

будь-яких ситуаціях, існування ідеалів, моральних та естетичних цінностей, що супроводжується емоційною та інтелектуальною оцінкою самого себе і навколишнього світу.

38. Як наявність свідомості проявляється у поведінкових реакціях людини?

Наявність у людини свідомості стимулює у неї появу бажань і мотивацій поведінки з позиції волі, тобто можливості вибору тієї чи іншої дії. Таким чином, у свідомості є дві форми виявлення, а саме, ментальна, тобто розумова, духовна, і зовнішня у вигляді виконавчих проявів.

39. Що Ви знаєте про змінені стани свідомості?

Змінені стани свідомості, а це можуть бути період швидкого сну, гіпноз, медитація, натхнення, надзвичайне збудження тощо, виникають у випадках різкої зміни ситуації, умов існування індивідууму. Змінені стани свідомості бувають короткочасні, середньої тривалості та тривалі. Так, короткочасні змінені стани свідомості відбуваються протягом декількох секунд і характеризуються втратою розуміння послідовності своїх дій, а також ясності думок під час виконання роботи. Змінені стани середньої тривалості продовжуються кілька хвилин. Виникнення їх стимулюється емоційним стресом, монотонністю роботи. Тривалі змінені стани свідомості проявляються впродовж декількох десятків хвилин у вигляді яскравої зміни характеру розумової діяльності людини, в якій основна роль належить індивідуальним рисам особистості.

40. Які чинники забезпечують формування свідомості?

Свідомість відображає об'єктивний світ у суб'єктивних образах, ідеях людини. Це можливо завдяки тому, як збільшується життєвий досвід, відбувається пізнання довкілля і соціуму, зростає словниковий запас особистості, розвивається її мова.

41. Що є вищою формою свідомості?

Самосвідомість є вищою формою свідомості. Під самосвідомістю розуміють здатність людини усвідомлювати свої відчуття і думки як власні, а також спроможність виділяти себе з оточуючого середовища.

42. Як у людини формується самосвідомість?

Самосвідомість, а це оцінка власного «Я», починає формуватись у людини, коли відбувається порівняння власного внутрішнього світу з тим, що вона бачить в інших людях, а також з тим, що інші особи, думка яких для даної людини є дуже важливою, бачать в неї.

43. Чи достатньо людині для усвідомлення своїх дій тільки обробляти інформацію, що надходить від зовнішніх подразників до кірки головного мозку?

Інформація про зовнішнє оточення через аферентні шляхи надходить до відповідних зон кірки головного мозку, де вона підлягає трансформації. Це відбувається незалежно від того, усвідомлює людина зовнішній подразник чи ні. Щоб усвідомлення відбулося, необхідна також певна кількість часу для розгортання активності нервових клітин в кірці великого мозку, які складають різні мозкові структури. Таким чином,

підсвідомі рухи як реакція на зовнішній подразник здійснюються практично миттєво, а ось для усвідомлення рухів необхідна активація значної частини мозку. Звідси можна зробити висновок, що підсвідомість є свого роду фільтром для інформації, яка потрапляє до мозку.

44. Які умови довілля стимулюють активацію механізмів свідомості у виконанні рухів?

Коли зовнішня ситуація вимагає від людини прийняття нестандартних рухових рішень, тоді вмикаються механізми свідомості.

45. Що складає основу рухів, які здійснюються на підсвідомому рівні?

Основу підсвідомих рухів складають життєвий досвід людини, міцні навички, автоматизовані форми поведінки.

46. Як свідомість людини впливає на утворення умовних рефлексів?

Протягом життя у людини утворюються умовно-умовні рефлекси. Ці рефлекси під час свого формування не потребують безумовного підкріплення. Вони створюються на основі довільних рухів, що здійснюються за активної участі мовнорухової системи, тобто механізмів свідомості. Швидкість їх формування залежить в основному від швидкості усвідомлення сигналу умовного подразника і характеру автоінструкції.

РОЗДІЛ 6. ПЕДАГОГІЧНІ АСПЕКТИ УПРАВЛІННЯ РУХАМИ ЛЮДИНИ

Закономірності формування рухових умінь і навичок

1. Яке завдання в управлінні рухами вирішують педагогічні методи?

Педагогічні методи, що використовують словесні та образні характеристики рухів, дозволяють сформувати в осіб, які займаються специфічною руховою діяльністю, образ руху та відповідну цільову установку.

2. Надайте базову схему формування рухової дії.

Базову схему формування рухової дії можна представити у вигляді послідовного переходу від знань та уявлень про дію до вміння виконувати її, а потім – від уміння до навички. Зміст схеми означає, що перетворення знань у рухову дію може відбутися лише на основі практичної її реалізації.

3. З чого починається осмислена побудова рухової дії?

Осмислена побудова рухової дії починається зі спрямованого формування її орієнтувальної частини як орієнтувальної основи дії, що виконує роль її програми.

4. Які компоненти складають орієнтувальну основу дії?

Орієнтувальна основа дії включає загальний логічний проект дії, тобто загальну змістовну основу, що витікає із розуміння суті вирішуваного завдання, та основні опорні точки програми її реалізації, а саме, більш або менш чітко виділені уявлення про основні моменти дії, операції, які є її складовими, та умови її виконання.

5. Чи має значення для виконання рухової дії стихійне її формування?

Якщо рухова дія формується стихійно шляхом численних спроб і помилок, то утворення відносно доцільної орієнтувальної основи дії відбувається уповільнено, з надмірними витратами часу і сил.

6. Який вплив на формування рухової дії чинить системно організоване навчання?

Системно організоване навчання скорочує час формування орієнтувальної основи дії. Вона набуває повноцінних якостей, що вирішальним чином позитивно відображається протягом усього процесу утворення рухової дії та її ефективності.

7. В якому випадку створюється повноцінна орієнтувальна основа дії?

Повноцінна орієнтувальна основа дії створюється у випадку, коли вона включає необхідні і достатні уявлення про рухове завдання, яке необхідно вирішити, способи та умови його вирішення, конкретизовані у вигляді реальних основних опорних точок. Загалом ці уявлення виникають як на логічній, тобто змістовній, так і на сенсорній, а саме зоровій, кінестетичній і у цілому чуттєвій, основі.

8. Яке значення у створенні реальної основи рухової дії має кінестетичний її образ?

У створенні реальної основи рухової дії важливу роль відіграє формування її кінестетичного, тобто м'язо-рухового,

образу. Він виникає завдяки раніше набутому обсягу рухового досвіду, ідеомоторному уявленню і кінестетичним відчуттям, які з'являються у людини вже з першими спробами виконання дії.

9. Чому інколи сформувати правильний кінестетичний образ рухової дії буває важко?

Іноді людині сформувати правильний кінестетичний образ рухової дії буває доволі важко, особливо під час перших спроб виконати складнокоординаційну вправу. Це пояснюється відсутністю необхідного попереднього рухового досвіду або неузгодженим нашаруванням раніше сформованих і нових, що виникають по ходу виконання дії, рухових уявлень. Саме подолання цих труднощів є однією із проблем навчання руховим діям.

10. Охарактеризуйте якість виконання перших спроб рухової дії.

Коли орієнтувальна основа рухової дії сформована, можна переходити до практичного її вдосконалення. Зазвичай перші спроби виконання рухової дії характеризуються підвищеною напругою всього тіла, зайвими рухами, вимушеними затримками між складовими частинами руху, скутістю та уповільненим здійсненням порівняно з цільовими параметрами.

11. Чим зумовлене неефективне виконання перших спроб рухової дії?

Еефективне виконання перших спроб рухової дії зумовлене неузгодженістю її складових і відсутністю міцних

зв'язків між ними, необхідністю детально контролювати рухи і концентрувати увагу на всіх опорних точках орієнтувальної основи дії, а також відсутністю відповідності між основними біомеханічними характеристиками управління рухами, характерними для початкової стадії формування рухової дії. На цьому етапі рухова дія відтворюється із значними відхиленнями від заданої програми, а біомеханічні параметри відносно легко порушуються під впливом різних збиваючих факторів, зокрема, змінних умов зовнішнього середовища, накопичення втоми, психологічної нестійкості тощо.

12. Що таке початкове рухове уміння?

Розучування і практичне виконання рухової дії призводить до першого рівня її засвоєння, тобто рухового уміння. Рухове уміння є однією із типових форм реалізації рухових можливостей людини, яка характеризується здатністю здійснювати рухові дії на основі неавтоматизованих, або не доведених до значного ступеню автоматизації цілеспрямованих операцій.

13. Які відмінні ознаки початкового рухового уміння?

Початкове рухове уміння вирізняється такими ознаками:

- 1) постійною концентрацією уваги в ході виконання рухової дії на її складових;
- 2) відносно невисокий ступінь участі автоматизмів в управлінні рухами;

3) відносна нестандартність параметрів і результатів виконання дії під час її повторень;

4) змінність біомеханічних характеристик рухів, особливо під впливом збиваючих факторів;

5) розчленованість або мало виражена злитість частин руху, що проявляється надмірною його тривалістю.

14. Що є основною відмінною ознакою рухової навички порівняно з руховим умінням?

Автоматизація рухів є основною відмінною ознакою рухової навички порівняно з руховим умінням.

15. В результаті чого рухове уміння набуває ознак автоматизму?

Багаторазове відтворення рухової дії призводить до того, що її складові частини поступово стають налагодженими і звичними, а зв'язки між ними – міцними, що гарантує невимушену злитість рухів. Таким чином, зникає необхідність постійної концентрації уваги на вирішенні окремих моментів дії, скорочується кількість опорних точок орієнтувальної основи дії, які вимагають спрямованого усвідомлення. У результаті зростає внесок рухових автоматизмів у виконання дії.

16. Чи є рухове уміння та рухова навичка окремими, незалежними процесами?

Рухове уміння та рухова навичка не є самостійними та незв'язаними процесами. Вони представляють собою єдиний ланцюг, послідовні шаблі на шляху формування рухової дії.

17. Дайте визначення руховій навичці.

Рухова навичка – це така форма реалізації рухових можливостей людини, яка виникає на основі автоматизації рухового уміння.

18. Які ознаки рухової навички?

Рухова навичка відрізняється від рухового уміння наступними ознаками:

- 1) широка участь рухових автоматизмів у здійсненні складових частин дії та зв'язків між ними;
- 2) спрямування свідомості не стільки на деталі руху, як на виконання загальної мети;
- 3) яскрава стереотипність операцій та біомеханічних характеристик руху;
- 4) підвищена стійкість техніки рухових дій до збиваючих факторів навколишнього середовища;
- 5) помітна злитість операцій рухової дії;
- 6) зменшення часу виконання руху.

19. Що сприяє зменшенню концентрації уваги на виконанні складових частин дії у ході формування рухової навички?

Коли рухова дія багаторазово повторюється, формується рухова навичка. Свідомість як властивість вищих відділів центральної нервової системи поступово звільняється від контролю за виконанням складових частин руху. Це пояснюється тим, що певні моменти безпосереднього

управління рухами та їх координація передаються з вищих відділів ЦНС (головний мозок) до нижчих, тобто спинного мозку. У свою чергу, в спинному мозку вже сформувалися раніше або в процесі тривалого виконання рухової дії окремі рухово-координаційні автоматизми, які необхідні для ефективного виконання руху.

20. Чи повністю рухова навичка невідконтрольна свідомості?

Рухова дія з появою навички не є безсвідомим актом. Будь-яка дія людини в нормі завжди усвідомлена. Свідомість завжди присутня під час виконання рухової навички. Просто свідомість звільняється від дріб'язкової опіки безпосереднього регулювання деталей руху, тому з'являється можливість зосередити увагу на вирішальних операціях та якості виконання дії в цілому, на контролі за перемінними умовами дії, передбаченні та здійсненні необхідних корекцій під час її виконання з метою досягнення необхідного результату. До того ж, людина, яка виконує рухову дію, за необхідності може взяти під свідомий контроль будь-які деталі руху, цілеспрямовано втручатися в автоматизований процес управління ним.

21. Назвіть основні характеристики раціонально сформованої рухової навички.

Раціонально сформована рухова навичка характеризується оптимальним поєднанням функцій свідомості та автоматизмів в управлінні рухами, під час якого дія у цілому спрямовується

свідомістю, а складові операції, які в звичайних умовах не потребують корекцій, доведені до визначеного ступеню автоматизації.

22. Що розуміють під «бездумною» навичкою?

Багаторазове механічне (неусвідомлене) повторення руху призводить до формування так званої бездумної навички. Звідси виникає особлива важливість послідовного втілення принципу свідомості під час спрямованого формування навичок у ході навчання руховим діям.

23. У чому проявляється стереотипізація рухових дій?

Стереотипізація рухових дій проявляється у вигляді відносно стандартного відтворення просторових, часових, динамічних і ритмічних характеристик техніки рухів під час повторення дії в однакових умовах. Крім того, вона виявляється у збереженні заданої загальної результативності дії, у тому числі й досягненні спортивного результату, під час виконання її у змінних умовах довкілля.

24. Чи можуть змінюватися параметри раціонально сформованої навички, коли вона виконується в змінних умовах?

Відомо, що в основі раціонально сформованої рухової навички лежить динамічний стереотип. Проте, якщо вона виконується у змінних умовах зовнішнього оточення, то може спостерігатися доцільна зміна її параметрів з метою досягнення заданої результативності.

25. Як розв'язується проблема, з одного боку, стереотипності, а з іншого, – варіативності в руховій навичці у ході навчання руховим діям?

Одна із нелегких проблем методики навчання руховим діям полягає в тому, щоб унеможливити надмірну стереотипізацію рухової навички, а забезпечити оптимальне поєднання її стабільності та варіативності. Це досягається виконанням рухової дії, зокрема, в різних погодних умовах, з різними суперниками, в різний час доби, з різним матеріально-технічним забезпеченням тощо.

26. Що таке уміння першого та другого роду?

Процес навчання руховим діям відбувається у вигляді поетапного переходу від початкового рухового уміння до рухової навички. Таким чином, сформована навичка представляє собою уміння, доведене до певного ступеня автоматизму. У цьому органічному взаємозв'язку початкове рухове уміння є умінням першого роду. У свою чергу, сформована навичка може стати передумовою виникнення нового, більш складного уміння, до складу якого частково або повністю входить ця навичка. Таке нове уміння, що виникло на базі раніше сформованої навички, називається умінням другого роду, а воно може згодом перетворитися у нову рухову навичку, тобто вже навичку другого роду. Отже, у ході розвитку складності рухових можливостей людини відбувається безперервний перехід від рухових умінь до навичок.

27. Чи завжди процес навчання та вдосконалення рухової дії повинен закінчуватися формуванням навички?

Процес навчання та вдосконалення рухових можливостей людини не завжди закінчується формуванням рухових навичок. Практично надзвичайно складні форми рухової діяльності принципово не можуть бути перетворені цілком лише в навичку. Такі форми можуть включати у сукупності як навички, так і уміння. Із цього слідує, що результатом багаторічного процесу вдосконалення рухових можливостей людини, у тому числі і в спорті, є набуття розширеного ресурсу різноманітних рухових умінь, навичок та пов'язаних з ними знань.

28. Який процес називають переносом рухових умінь і навичок?

Навчання руховим діям не відбувається з чистого листка. Формування будь-якого рухового уміння або навички завжди включає в себе певні компоненти раніше утворених умінь та навичок, які так або інакше впливають на становлення та прояв нового уміння або навички. До того ж, вірогідний взаємовплив може бути виявлений між руховими уміннями або навичками, які формуються одночасно. Такий процес впливу та взаємовпливу називають переносом рухових умінь і навичок.

29. Які існують типи переносу рухових умінь і навичок?

Переніс рухових умінь і навичок може мати характер одностороннього спрямування або взаємного, бути позитивним або негативним, прямим або відставленим.

30. Поясніть особливості одностороннього та взаємного впливу рухових умінь і навичок під час їх формування.

Відносини між руховими уміннями або навичками під час їх формування можуть бути односторонньо спрямованими, коли яке-небудь одне рухове уміння або навичка впливає на інше уміння або навичку, у той час як зворотного впливу не спостерігається. І можуть бути взаємними у випадку одночасного впливу одного на інше.

31. Охарактеризуйте позитивний і негативний вплив рухових умінь і навичок під час їх утворення.

Утворення рухового уміння або навички може йти шляхом позитивної взаємодії між ними, коли одні уміння і навички сприяють формуванню, вдосконаленню інших, а також негативного впливу, коли одні уміння і навички перешкоджають формуванню інших, або спотворюють їх.

32. Роз'ясніть своєрідність прямого та відставленого типів переносу рухових умінь і навичок.

Якщо у ході формування рухового уміння або навички відразу спостерігається вплив одного уміння або навички на інше, то такий тип переносу називається прямим. Коли ж вплив проявляється не відразу, а згодом через проміжні зв'язки, то такий тип характеризується як відставлений.

33. Від яких факторів залежить тип переносу рухових умінь і навичок?

Тип переносу рухових умінь і навичок залежить від таких факторів, як зміст і структура рухових дій, період та умови їх формування. Наприклад, вірогідність позитивного переносу зростає за умови значної подібності змістовної основи та головних ланок техніки рухових дій. Звідси, навчальний матеріал намагаються згрупувати та послідовно розподілити залежно від ступеня суттєвої подібності рухових дій як за змістовною основою, так і за структурою. При цьому послідовність навчання діям, які близькі за цими ознаками, відбувається залежно від їх складності.

34. Як різні періоди формування рухових умінь і навичок впливають на можливість їх переносу?

У різні періоди формування рухових умінь і навичок можливість їх переносу неоднакова. Так, на самому початку формування рухового уміння переніс здійснюється переважно на рівні орієнтувальної основи дії. Причому чим повніша і збагаченіша орієнтувальна основа дії, тим можливості переносу зростають. З часом, коли рухова навичка поступово зміцнюється, провідну роль в її позитивних або негативних взаємодіях з іншими навичками починає відігравати ступінь спорідненості або, навпаки, відмінностей рухових автоматизмів, що входять до їх складу.

35. Чи може змінюватись характер переносу рухових умінь і навичок у ході їх формування?

Періоди формування рухових умінь і навичок, а також умови їх становлення та вдосконалення можуть змінювати характер переносу умінь і навичок. Наприклад, у легкій атлетиці в період початкового навчання стрибку у висоту способом переступання та бар'єрному бігу спостерігається негативна взаємодія між цими руховими діями. У подальшому вже сформовані навички диференціюються і ефект негативної взаємодії зникає.

36. Чи може сформована рухова навичка з часом зазнавати певних змін?

Сформована рухова навичка з часом може зазнавати певних змін. Характер цих змін залежить від міцності навички, регулярності її виконання, чи є вона предметом подальшого вдосконалення та інших факторів. Якщо навичка тривалий час не застосовується, то умовнорефлекторні зв'язки, що об'єднують частини руху в єдине ціле, поступово згасають і навичка підлягає руйнуванню. Проте, потрібно відзначити, що міцно сформована рухова навичка навіть без підкріплення може зберігатися роками, наприклад, їзда на велосипеді.

37. Які умови диктують необхідність перебудови навички?

Необхідність цілеспрямованої перебудови рухової навички виникає з декількох причин. По-перше, поява нових, більш

раціональних форм техніки фізичних вправ стимулює потребу їх засвоєння після того, як вже була сформована навичка, що притаманна старій техніці рухової дії. По-друге, може виникнути потреба використати сформовану навичку в поєднанні з іншими навичками та вміннями для створення, наприклад, нових комбінацій у гімнастиці. По-третє, унаслідок збільшення функціональних можливостей організму людини набута раніше рухова навичка може не відповідати їх повному прояву, тобто може вступити в протиріччя з подальшим розвитком рухових можливостей. По-четверте, унаслідок некоректної методики навчання сформована спотворена навичка.

38. Чому часто буває важко перебудувати рухову навичку?

Перебудувати рухову навичку буває дуже важко. Пов'язано це із ступенем стереотипізації навички – чим вище ступінь, тим міцніша навичка, тим важче її відкорегувати.

39. Як послабити негативний переніс навички під час перебудови її в новий варіант виконання?

Під час перебудови рухової діяльності в новий варіант її виконання доволі часто спостерігається нашарування раніше сформованої навички, коли її певні риси і деталі, що не відповідають новій структурі руху, чинять негативний вплив. Послабити такий негативний вплив можна, створивши умови для згасання тимчасових функціональних зв'язків, що виникли

під час формування старої навички. Для цього необхідно не використовувати вправи, які підкріплюють ті сторони перетвореної навички, що вступають у протиріччя із навичкою, яка заново створюється.

Передумови та загальна послідовність побудови процесу управління рухами

1. Поясніть концепцію відмінності так званого «живого» руху від механічного його відтворення.

«Живий» рух відрізняється від простого механічного його відтворення тим, що є цілеспрямованою дією, що управляється людиною під час її виконання у взаємодії із оточуючим середовищем, і представляє собою цілісну структуру, яка поділяється на безліч елементів, що пов'язані між собою найрізноманітнішими формами взаємозв'язку.

2. Як здійснюється управління довільними і мимовільними рухами?

Управління довільними і мимовільними рухами здійснюється на різних рівнях. Так, довільні рухи управляються провідним (кіркові структури головного мозку) рівнем, а регуляція мимовільних рухів здійснюється на фоновому рівні (у першу чергу – спинний мозок).

3. Розкрийте зміст поняття «моторне поле».

Поняття «моторне поле» розкриває надскладну взаємодію всієї сукупності властивостей моторики людини із зовнішнім

середовищем, що характеризується відсутністю стійких параметрів, а формується на основі пошукових, пробних рухів, які досліджують простір у всіх вимірах.

4. Що є основою процесу управління рухами?

Основою процесу управління рухами є циклічність, тобто кожна рухова дія повинна закінчуватися зворотним зв'язком, який мусить сповіщати органи управління про результати дії.

5. Визначте основні положення теорії управління довільними рухами.

Теорія управління рухами включає наступні положення: 1) управління довільними рухами здійснюється на основі функціонування двох кілець, а саме, зовнішнього, пов'язаного з діяльністю свідомості, яка отримує інформацію із зовнішніх джерел, та внутрішнього, що володіє інформацією, яка надходить із внутрішнього середовища організму; 2) усі можливі рухи людини зумовлені системою рефлексів, які функціонують за обов'язкової участі керуючого механізму, що самопрограмується; 3) найважливішою частиною системи управління рухами є внутрішній зворотний зв'язок від пропріорецепторів, які надсилають інформацію про довжину м'язів та їх сухожилків, утворювану м'язами величину сили, швидкість скорочення м'язів, а також про положення різних частин тіла відносно одна одної. Сигнали від пропріорецепторів потрапляють до механізму системи, який їх порівнює і

встановлює співвідношення між м'язовою напругою та результуючим рухом. На основі складного взаємозв'язку між утвореною інформацією від порівнювального механізму, руховою програмою та моторною пам'яттю виробляються необхідні корекції, які йдуть до програмувального механізму, і продовжують управляти вже уточненим рухом; 4) виконання недостатньо засвоєної рухової дії уявляється як управління в умовах непідготовленого внутрішнього кільця до здійснення своїх функцій. Це призводить до відхилення біомеханічних характеристик виконуваного руху внаслідок відсутності контролю за конкретними синергічними деталями або регуляції з боку зовнішнього кільця, проте рецептори якого нездатні налагодити ефективні взаємозв'язки між м'язовою напругою та результуючим рухом. Результатом цього не може бути повністю здійснена також і змістовна сторона руху; 5) засвоєна рухова дія, навпаки, виконується у вигляді управління як за допомогою зовнішнього (змістовна сторона руху), так і внутрішнього кільця (автоматизовані деталі руху).

6. Чим забезпечується ефективність управління рухами?

Ефективність управління рухами забезпечується у першу чергу сенсорними корекціями, які сприяють оперативним змінам в структурі рухів на основі зворотних зав'язків.

7. Від яких чинників залежить час, який необхідний людині для внесення необхідних корекцій в структуру руху?

Час, який необхідний людині для внесення оперативних корекцій в структуру виконуваного руху, залежить від деяких чинників: рівня технічного оволодіння рухом, функціонального стану людини, наявності збиваючих факторів довкілля, складності рухової дії та інші.

8. Які вправи стосовно їх тривалості найкраще піддаються корекції у ході їх виконання?

Різна тривалість вправ зумовлює можливість їх корекції. Так, під час виконання швидкоплинних рухових дій, що тривають в межах 0,1 – 0,3 с, людина не встигає використати інформацію, що надходить від її рецепторів до системи управління рухами. Значить, свідомість не може здійснити перебудову руху. Рухи, тривалістю не менше 1 секунди, більш придатні до змін по ходу їх виконання. Цього часу достатньо, щоб досвідчена людина, особливо добре підготовлений спортсмен, змогла внести корекцію в структуру виконуваної дії. Якість перебудови покращується, якщо рух добре засвоєний і до того ж супроводжується терміною інформацією. Але найбільш доступним для сенсорних корекцій є повільні рухи. У ході їх виконання, зокрема спортсменом, можна послуговуватися вказівками тренера, показниками технічних засобів інформації. Тому, на етапі початкового засвоєння

доцільним є перелаштування швидкоплинних та помірно швидких рухів у повільні, що суттєво полегшує процес навчання.

9. Від чого залежить міцність рухової навички?

Управління руховою дією здійснюється на багаторівневій основі. Проте провідна роль у цьому процесі належить центральній структурі, психічним механізмам, які відображаються в орієнтувальній основі дії. Отже, найвищий рівень управління пов'язаний із змістовною стороною руху, що забезпечує високу стійкість навички. Коли ж відбувається переключення фоновому рівня управління в положення провідного, то спостерігається руйнація автоматизованого механізму навички. Ось чому міцність рухової навички залежить від стійкості центральної структури управління, чуттєвого сприйняття та контролю за виконанням власних рухів.

10. Як з точки зору управління рухами може бути описана фізична вправа?

На основі багаторівневої теорії управління рухами фізична вправа може бути описана як знання про неї, тобто модель вправи, засвоєність її з урахуванням індивідуальних особливостей виконання, так звана програма руху, і як здійснення конкретної рухової дії.

11. На які періоди поділяється процес побудови рухів? Охарактеризуйте їх зміст.

Відповідно теорії управління рухами та її практичного застосування процес побудови рухів складається з двох періодів.

На першому із них встановлюється провідний рівень управління, визначається структура руху, його складові, за необхідності здійснюються корекції всіх деталей та компонентів руху і відповідних їм фонових рівнів, а потім поступове перенесення корекцій на нижчі рівні. У другому періоді відбувається засвоєння фоновими рівнями деталей і компонентів руху, забезпечується взаємозв'язок між різними фоновими рівнями, а також їх з провідним рівнем. У подальшому завершується автоматизація руху, формується його стійкість до збиваючих факторів різного роду.

12. Який характер мають рухи, які управляються провідним та фоновим рівнями?

Рухи, які управляються провідним рівнем, пов'язаним із діяльністю відповідних відділів кірки головного мозку, завжди усвідомлюються, а тому мають довільний характер. У свою чергу, управління нижчими, фоновими рівнями може носити змішаний характер, коли частина рухової дії виконується довільно, а інша частина – мимовільно, або повністю мати мимовільний характер.

13. Чому на утворення рухової навички необхідно багато часу?

У процесі формування рухової навички центральна нервова система здійснює активні пошуки ефективного вирішення рухового завдання через велику кількість спроб,

помилки, пристосувальних реакцій, обробку різноманітної інформації тощо. Тому ці пошуки вимагають тривалої роботи.

14. Як досягається в процесі технічного вдосконалення довершений рівень техніки рухової дії?

Досягнення довершеного рівня володіння технікою руху можливе, якщо процес навчання і вдосконалення буде будуватися на основі формування інтегрального образу цілісної рухової дії. Тобто, під час виконання руху або його частини спортсмен повинен керуватися цілісним образом дії. Крім того, у ході здійснення першого елемента руху він повинен враховувати вплив техніки його виконання на ефективність усіх наступних елементів. Тільки таким шляхом можна сформувати дійову координаційну структуру руху.

15. Чи завжди процес технічного вдосконалення вимагає цілісного виконання рухової дії?

У випадку засвоєння, наприклад, складнокоординаційної рухової дії неможливо обійтись без складного процесу її розчленування на відносно самостійні послідовні дії, який закінчується об'єднанням окремих структурних складових руху. Отже, складні рухові дії характеризуються рухливістю їх окремих структурних утворень у вигляді як диференціації, так і інтеграції і пов'язаних з ними образів. Це дає можливість удосконалювати як окремі компоненти, так і процеси їх інтеграції.

16. Як уявні образи рухової дії впливають на формування ефективної системи управління рухами?

Створення спортсменом уявних образів рухової дії, мислених репетицій рухових вправ сприяють формуванню ефективної системи управління рухами. Використання уяв дозволяє на практиці відтворити ефективні рухові дії, виконані раніше, а також допомагають утворенню нових. Це досягається тим, що уявні образи руху впливають на нервову систему таким же чином, як і реальні дії, тобто мобілізуються ті ж самі нервові провідні шляхи, активізуються ті ж самі м'язи.

17. За яких умов спостерігається формування чіткого та контрольованого образу рухових дій?

Формування виразного та контрольованого рухового образу можливе за умови, коли під час утворення мислених образів використовуються внутрішні і зовнішні уяви. Акцентом внутрішніх уяв виступає відчуття руху, а зовнішні представляють погляд ніби з боку. Використання внутрішніх уяв найбільш ефективно для вдосконалення кінестетичних відчуттів, диференціювання рухів, утворення реальних навичок. Проте найкращий ефект спостерігається, коли використовуються як внутрішні, так і зовнішні уяви.

18. Чи має уявний образ рухової дії залежність від кваліфікації спортсмена?

Створення уявного образу рухової дії залежить від етапу технічного вдосконалення спортсмена та його кваліфікації.

Фахівці спорту розрізняють: первинний зоровий образ, розчленований зоровий образ, деталізований зорово-руховий образ, узагальнений руховий образ. На початкових етапах навчально-тренувального процесу спортсмени використовують переважно повний та розчленований зорові образи, а на пізніших, починаючи з етапу підготовки до вищих досягнень, – руховий образ з опорою на такі психо-фізичні характеристики, як відчуття ритму, темпу, простору, води, льоду, м'яча, ракетки, величини зусиль тощо.

19. Які характеристики руху відіграють головну роль у формуванні образу рухової дії?

Головну роль у формуванні образу рухової дії відіграють ті характеристики руху, які найбільш яскраво сприймаються органами чуття спортсмена.

20. Які складові найбільш повно відображають взаємозв'язок чуттєвого та змістовного вмісту рухового образу?

До важливих складових, що відображають взаємозв'язок чуттєвого та змістовного вмісту рухового образу, відносять наступні: командно-управлінські уяви; кінестетичні уяви (поза, напруження м'язів); тактильні уяви (своєрідність контакту із спортивним снарядом, партнером, супротивником та ін.); зорові уяви (орієнтація, просторові переміщення); вестибулярні уяви (положення тіла, особливості його переміщень); часові, темпові

та ритмічні уяви про рух; змістовні уяви про фізичні, системно-структурні властивості руху. Ці складові рухового образу функціонують не відокремлено, а у тісній взаємодії між собою.

21. Чи достатньо мати тільки образ рухової дії, щоб сформувати раціональну структуру рухових дій в спорті?

Рухова діяльність в різних видах спорту здійснюється в неоднакових умовах як зовнішнього середовища, наприклад, на стадіоні, в басейні, у спортивному залі, на лижній трасі тощо, так і у взаємодії із партнерами, суперниками та спортивним інвентарем, тобто м'ячем, гімнастичними снарядами, штангою, снарядами для легкоатлетичних метань та ін. Тому процес формування раціональної структури рухових дій в спорті повинен передбачати не тільки утворення образу руху, але одночасно й образу середовища.

22. Чи може у видах спорту з чітко визначеним складом рухів створення доволі виразних змістовних та об'ємних образів рухових дій?

Недивлячись на широку варіативність динамічних і кінематичних характеристик рухів у видах спорту з чітко визначеним їх складом (плавання, біг, лижні перегони, велосипедний спорт та ін.), у процесі технічного вдосконалення можливе створення доволі виразних змістовних та об'ємних образів рухових дій, а також розробка цільових моделей техніки з достатньо точною кількісною характеристикою її компонентів.

Це створює можливість формування конкретних варіантів спортивної техніки, яка орієнтована на визначені просторові, часові та динамічні параметри.

23. Як вирішується проблема створення образу рухових дій у видах спорту, які характеризуються постійною зміною змагальних ситуацій?

Важливим завданням у ході технічного вдосконалення у видах спорту, характерною рисою яких є постійна зміна змагальних ситуацій (спортивні ігри, одноборства), виступає розвиток здатності спортсмена до імпровізації вирішення рухового завдання, створення та реалізації нестандартних образів рухових дій. Це вимагає особливого підходу до визначення завдань, засобів і методів технічного вдосконалення, який забезпечував би широку варіативність як базових, так і додаткових рухів, а також створення на основі практичного рухового досвіду нових, нешаблонних рухів, які продиктовані логікою конкретної змагальної ситуації.

24. Які принципи особливості раціонального управління рухами у видах спорту, результат в яких залежить від максимальних величин м'язової активності?

У видах спорту, де результат залежить від прояву максимальних величин м'язової активності (спринтерський біг, плавання, одноборства, складнокоординаційні види спорту), раціональне управління рухами проявляється в тому, щоб значні

величини загальної м'язової активності та активності основних м'язових груп, які зазнають основного навантаження в конкретній руховій дії, одночасно супроводжувались зниженою активністю тієї частини м'язового апарату, яка не бере участі у виконанні руху.

Інформаційне забезпечення системи управління рухами

1. Що представляє собою управління рухами людини?

Управління рухами людини представляє собою зміну стану структури рухової дії за допомогою управлінських впливів, які спрямовані на досягнення мети.

2. Що необхідно системі управління рухами, щоб мати можливість ефективно змінювати стан структури рухової дії?

Для того, щоб рухова дія досягнула своєї мети, особливо у змінних умовах її виконання, необхідно, щоб система управління рухами безперервно отримувала різноманітну інформацію про дійсність. Тоді система управління може ефективно змінювати стан структури рухової дії у необхідному напрямку.

3. Що називають інформацією в системі рухів?

Інформацією в системі рухів називаються повідомлення про стан та зміни оточуючого довкілля та організму, а також команди підсистемам виконання і забезпечення.

4. Які інформаційні структури забезпечують інформацією систему управління рухами?

Джерелами інформації, яка надходить до системи управління рухами, слугують багаточисельні фактори зовнішнього оточення та внутрішнього стану організму людини. Так, сенсорні структури слугують основою для істинного відображення дійсності. Їх інформація об'єднується, синтезується і утворює специфічні відчуття людини: простору, часу, ритму, дистанції, рівноваги тощо. Інформування психологічних структур дозволяє людині дізнаватися про рухи, загальні вимоги до них і про деталі, про свої рухові дії та дії інших людей. Саме така інформація дає людині можливість ставити собі завдання та активно діяти на основі створеної моделі майбутнього руху. Існують ще ефекторні структури командної інформації, тобто м'язи та інші органи отримують сукупність команд для управління виконанням рухів та їх енергетичним забезпеченням.

5. Яка інформація про рухи, що надходить до системи управління рухами, називається основною (власною)?

Уся інформація, що надходить до системи управління рухами від власних органів чуття, визначається як основна, або власна, інформація.

6. Чи повністю основна інформація потрапляє до центрів свідомості системи управління рухами?

Основна (власна) інформація не обов'язково вся спрямовується до центрів свідомості системи управління

рухами, тобто до кіркових структур головного мозку. Частина її надходить у системи автоматизованого управління рухами, забезпечуючи тим самим познотонічні рефлексі, безумовні рухові рефлексі, здійснення автоматизованих навичок.

7. Яку інформацію, що надходить до системи управління рухами, називають додатковою (сторонньою)?

У людському суспільстві навчання складає головний чинник формування необхідних умінь та закріплення навичок. Тому навчання – особливий вид інформації, який потрапляє до людини із зовні додатково до основної інформації. Воно здійснюється шляхом показу або пояснення та адресоване, в першу чергу, свідомості людини. Така інформація про здійснення рухів, помилки, що супроводжують виконання вправи, про відмінності фактичного руху із заданими параметрами, про ефективність або безрезультативність руху, яка надходить зі сторони, називається сторонньою або додатковою, тобто тією, яка поступає зверх основної і джерелом її слугує інша особистість.

8. Хто виступає основним джерелом сторонньої (додаткової) інформації?

Педагог (тренер з виду спорту, вчитель фізичного виховання) – людина, під керівництвом якої здійснюється процес навчання. У цьому контексті педагог розглядається як джерело додаткової інформації. Він отримує інформацію про

рухи свого вихованця лише за посередництва зору. Педагог може вгледіти те, що не відчуває, не усвідомлює учень, спортсмен і, головне, може оцінити правильність виконання руху, його відповідність завданню.

9. Чому інформація про виконання рухової дії, яку педагог надає своєму вихованцю, незрівнянно більше тієї, яку він отримує за допомогою власного зору?

Зорова інформація про рухи свого вихованця, яку отримує педагог (тренер з виду спорту, вчитель фізичного виховання), порівнюється з численною інформацією, що зберігається в його пам'яті. Побачене він співставляє зі слідами своїх особистих рухових відчуттів, із своїм особистим спортивним досвідом, а також своїми педагогічними знаннями. Тому інформація, яку повідомляє педагог вихованцю про виконувани ним рухи, невимірно більша тієї, яку він отримує за допомогою зору.

10. Який основний недолік сторонньої (додаткової) інформації, що подається педагогом вихованцю?

Поряд з усією цінністю додаткової інформації про рух, яку подає педагог своєму вихованцю, вона має один суттєвий недолік – її суб'єктивний характер. Сприймаючи, як правило, зорову інформацію про рух, тренер, вчитель фізичного виховання оперує якісними характеристиками, але це не стосується кількісних параметрів. Яким би не був досвідченим

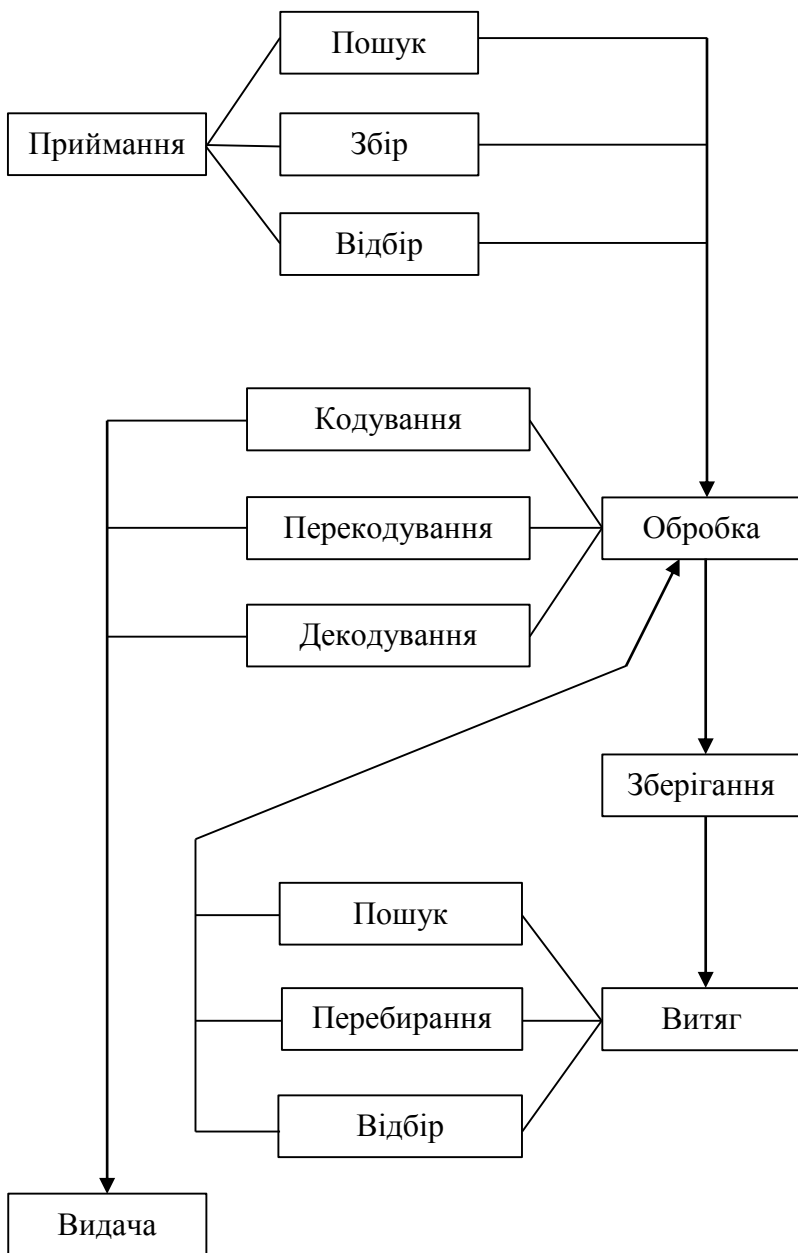
педагог, але він на основі своїх зорових спостережень не в змозі точно визначити, наприклад, величину зусиль, що розвивають м'язи спортсмена чи учня.

11. Як об'єктивізувати сторонню (додаткову) інформацію, щоб вона володіла кількісною стороною руху?

Зорової інформації, яку отримує тренер, вчитель фізичного виховання під час спостережень за діями вихованця, недостатньо для об'єктивної характеристики його рухів. Але ж навчання рухам нагально вимагає, щоб стороння інформація носила не суб'єктивний, а об'єктивний характер. Тим паче, що власна (основна) інформація також суб'єктивна. Тому необхідно, щоб додаткова інформація надавала кількісну характеристику руху. Для цього застосовують технічні засоби виміру рухів: фото- і кінозйомку, хроноциклограф, тензодинамометричну платформу, стабілограф, гоніометр та ін.

12. Як відбувається рух інформації в системі управління рухами?

Інформація в системі управління рухами передається у вигляді сигналів за допомогою матеріальних носіїв, які змінюють стан своєї речовини або енергії. Сама ж інформація не матеріальна. Вона є змістом сигналів, що використовуються в управлінні. Рух інформації в системі управління рухами можна подати у вигляді схеми:



13. Охарактеризуйте момент приймання інформації системою управління рухами.

Вдосконалення рухових дій багато в чому визначається здатністю людини сприймати та переробляти інформацію. Зокрема, приймання інформації здійснюється активно, йдуть складні процеси пошуку, збору та відбору сигналів. Під час виконання руху інформація, що надходить до системи управління рухами, поділяється на сигнально-мотиваційну, зворотного зв'язку, фонову та байдужу і збиваючу. Так, сигнально-мотиваційна інформація забезпечує мотивацію рухових дій, тобто спонукає їх виконувати або у випадку загрозованої ситуації розпізнає її та оцінює. Інформація зворотного зв'язку пов'язана з контролем виконання руху. Крім того, вона сигналізує про переміщення партнерів і суперників та розвиток ситуації. Фонова інформація асоціюється із накопиченням різного роду знань, оцінкою та орієнтацією в оточуючому середовищі. А ось байдужа та збиваюча інформації ускладнюють раціональну рухову діяльність. У ході технічного вдосконалення тренеру, вчителю фізичної культури варто постійно орієнтувати вихованців на сприймання тільки суттєвих сигналів, тобто інформації визначеного роду.

14. Що означає поняття «термінова інформація»?

Поняття «термінова інформація» передбачає подання інформації про рухову дію зразу після її закінчення, щоб при повторному виконанні цієї дії виконавцем були враховані виявлені помилки.

15. Який проміжок часу повинен бути між закінченням виконання рухової дії та поданням термінової інформації її виконавцю?

Проміжок часу подачі термінової інформації після припинення руху суттєвої ролі не відіграє, але він повинен бути не занадто довгим, щоб не зникли утворені умовно-рефлекторні зв'язки між окремими частинами цілісної рухової дії.

16. Які прилади слугують джерелом термінової об'єктивної інформації?

Сучасні технічні прилади володіють властивостями термінової інформації. Це різного роду кардіолідери, де можуть задаватися функціональні параметри виконання рухової дії; спорттестери, які інформують про біокінематичні та біодинамічні характеристики виконуваної вправи; комп'ютеризовані тензометричні прилади; програмувальні тренажери з обробкою інформації в режимі «on line»; комп'ютерні системи спостереження тощо. Оперативна інформація може подаватися виконавцю рухової дії не лише опосередковано, тобто через педагога, але й безпосередньо через прилад.

17. Доведіть важливість етапу обробки (перетворення) інформації в системі управління рухами.

Етап обробки або перетворення інформації в системі управління рухами зумовлений передачею інформації від одного носія до іншого, наприклад, звукова хвиля, коливання складників у слуховому апараті, процес збудження у слуховому

нерві під час прийому звукового сигналу. Отже, з кожною зміною носія інформації відбувається перекодування сигналу, тобто одна форма сигналу перетворюється в іншу, але при цьому зберігається його зміст. У межах одного носія інформації її зміст передається у вигляді модулювання сигналу, іншими словами, змінюється його міра, наприклад, зміна звукових коливань. Під час кодування і модуляції можливі деякі викривлення інформації унаслідок певних перешкод у каналах зв'язку, що, зрозуміло, ускладнює управління. Проте перетворення інформації це не тільки її перекодування, але й синтетична обробка сигналів. У результаті чого інформація отримує нове змістовне наповнення, що підвищує її цінність, відомості порівнюються, узагальнюються та перетворюються в команди. І мова тут йде не тільки про свідоме прийняття рішення людиною, але й на рівні автоматизованого руху.

18. Поясніть етап збереження інформації в системі управління рухами.

Перетворена в результаті обробки інформація спрямовується на зберігання до так званої «пам'яті системи». Інформація залишає в організмі свої, так би мовити, сліди: від запам'ятовування знань, відчуттів до ефектів тренування. Розрізняють короткочасну пам'ять і довготривалу, наприклад, вміння плавати залишається у людини на все життя. Таким чином, навчитися будь-якій руховій дії означає накопичити інформацію в пам'яті.

19. Яким етапом завершується рух інформації в системі управління рухами? Окресліть його особливості.

Рух інформації в системі управління рухами завершується її видачею. Видача буває безпосередньою, тобто зразу після надходження до системи управління, а також із затримкою, коли вона затребується із пам'яті. Видається інформація виконавчим органам руху у вигляді команди. Вже у формі рухової діяльності інформація змінює навколишнє середовище, а також у процесі фізичного виховання цілеспрямовано перетворює власне людину.

ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Бегшоу К. Мышечное сокращение: Пер.с англ. М.: Мир, 1985. 128.
2. Бернштейн Н. А. Биомеханика и физиология движений. М.: Моск. псих. социал. ин-т, 2004. 688.
3. Біомеханіка спорту / за заг. ред. А. М. Лапугіна. К.: Олімпійська література, 2005. 319.
4. Бутин И. М. Лыжный спорт: Учеб. для студ. пед. ин-тов. М.: Просвещение, 1983. 27-55.
5. Гурфинкель В. С., Левик Ю. С. Скелетная мышца: структура и функция. М.: Наука, 1985. 143.
6. Донской Д. Д., Зациорский В. Н. Биомеханика. М.: Физкультура и спорт, 1979. 38-91, 119-214.
7. Драчук С. П., Богуславська В. Ю., Сокольвак О. Г. Біомеханіка людини. Тлумачний словник-довідник: 2-е вид. доопрацьов. і доп. Вінниця: ТОВ «Твори», 2019. 400.
8. Дубровский В. И., Фёдорова В. Н. Биомеханика: Учеб. для сред. и высш. учеб. заведений. М.: ВЛАДОС-ПРЕСС, 2003. 59-233, 281-335.
9. Дьячков В. Н. Совершенствование технического мастерства спортсменов. М.: Физкультура и спорт, 1972. 231.
10. Энока Р. М. Основы кинезиологии. К.: Олимпийская литература, 1998. 399.

11. Лапутин А. Н. Обучение спортивным движениям. К.: Здоров'я, 1986. 214.
12. Лёгкая атлетика: учеб. для ин-тов физ. культ.: изд. 3-е доп. и перераб. / под ред. Н. Г. Озолина, В. И. Воронкина. М.: Физкультура и спорт, 1979. 148-183.
13. Матвеев Л. П. Теория и методика физической культуры (общие основы теории и методики физического воспитания; теоретико-методические аспекты спорта и профессионально-прикладных форм физической культуры): Учеб. для ин-тов физ. культуры. М.: Физкультура и спорт, 1991. 114-158.
14. Носко М. О., Брижаний О. В., Гаркуша С. В., Брижата І. А. Біомеханіка фізичного виховання і спорту: навч. посіб. для студ. спеціальності «Фізичне виховання». К.: «МП Леся», 2012. 42-83.
15. Палыга В. Д. Гимнастика: учеб. пособие для студ. фак. физ. воспитания пед. ин-тов. М.: Просвещение, 1982. 111-116, 171-189.
16. Плавание: учебник для пед. фак. ин-тов физ. культ. / Под ред. Н. Ж. Булгаковой. М.: Физкультура и спорт, 1984. 36-85.
17. Платонов В. Н. Система подготовки спортсменов в олимпийском спорте. Общая теория и её практические приложения. К.: Олимпийская литература, 2004. 270-285.

18. Рафф Г. Секреты физиологии: пер. с англ. М.-СПб.: «Издательство БИНОМ» – «Невский диалект», 2001. 15-62, 313-327.
19. Романенко М. И. Бокс: 2-е изд., доработ. и доп. К.: Высшая школа. Головное изд-во, 1985. 31-107.
20. Смолевский В. М., Гавердовский Ю. К. Спортивная гимнастика (теория и практика). К.: Олимпийская литература, 1999. 466.
21. Солодков А. С., Сологуб Е. Б. Физиология человека. Общая. Спортивная. Возрастная: Учебник. Изд. 2-е, испр. и доп. М.: Олимпия- Пресс, 2005. 10-99.
22. Уилмор Дж. Х., Костилл Д. Л. Физиология спорта: Пер. с англ. К.: Олимпийская литература, 2001. 25-60.
23. Фарфель В. С. Управление движениями в спорте. М.: Физкультура и спорт, 1975. 208
24. Чайченко Г. М., Цибенко В. О., Сокур В. Д. Фізіологія людини і тварин: Підручник / За ред. В. О. Цибенка. К.: Вища школа, 2003. 238-341, 398-437.

Навчальне видання

Драчук Сергій Петрович
Богуславська Вікторія Юріївна

ТАЄМНИЦІ УПРАВЛІННЯ РУХАМИ ЛЮДИНИ

Комп'ютерна верстка – Ольга Сокольвак