

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ХЕРСОНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Факультет фізичного виховання та спорту  
Кафедра медико-біологічних основ фізичного виховання та спорту**

**Р. АНДРЕЄВА**

## **БІОМЕХАНІКА І ОСНОВИ МЕТРОЛОГІЇ**

### **НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНИЙ ПОСІБНИК**

**для здобувачів ступеню вищої освіти “бакалавр”  
денної та заочної форм навчання спеціальностей  
6.010201. Фізичне виховання\*, 6.010202. Спорт,  
6.010203. Здоров’я людини\***

**Херсон  
2015**

УДК 796:612.76+006.91

ББК 75.0

А 65

**Андрєєва Р.**

**А 65**

Біомеханіка і основи метрології: [навчально-методичний посібник / для здобувачів ступеню вищої освіти “бакалавр” денної та заочної форм навчання спеціальностей 6.010201. Фізичне виховання\*, 6.010202. Спорт, 6.010203. Здоров’я людини\*] // Регіна Андрєєва. – Херсон: ПП Вишемирський В. С., 2015. – 224 с.

**ISBN 978-617-7273-20-1**

**Укладач:** **Андрєєва Регіна Ігорівна** – кандидат наук з фізичного виховання та спорту, доцент кафедри медико-біологічних основ фізичного виховання та спорту Херсонського державного університету.

**Рецензенти:** **Рожков Ігор Миколайович** – доктор біологічних наук, завідувач кафедри біологічних основ фізичної культури та спорту Миколаївського національного університету імені В.О. Сухомлинського.

**Ромаскевич Ю.О.** – доктор медичних наук, професор, головний лікар Херсонського обласного центру здоров’я та спортивної медицини, Заслужений лікар України та АР Крим.

**Розглянуто**

*на засіданні кафедри медико-біологічних основ фізичного виховання та спорту ХДУ  
Протокол № 1 від 07.09.2015 р.*

**Схвалено**

*Науково-методичною радою факультету фізичного виховання та спорту ХДУ  
Протокол № 1 від 18.09.2015 р.*

**Погоджено**

*Науково-методичною радою ХДУ  
Протокол № 1 від 20.10.2015 р.*

**Затверджено**

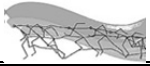
*Вченою радою ХДУ  
Протокол № 2 від 26.10.2015 р.*

**УДК 796:612.76+006.91  
ББК 75.0**

ISBN 978-617-7273-20-1

© Андрєєва Р. І., 2015

© Видавництво ПП Вишемирський В.С., 2015

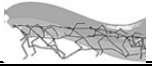


## ЗМІСТ

<b>ПЕРЕДМОВА</b> .....	<b>5</b>
<b>РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ СПОРТИВНОЇ МЕТРОЛОГІЇ</b> .....	<b>7</b>
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 1.1. Основи теорії вимірювань у фізичній культурі та спорті.....	<b>7</b>
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 1.2. Графічно-розрахункова робота: застосування методів математичної статистики у фізичному вихованні та спорті.....	<b>21</b>
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 1.3. Теорія тестів. Розрахункова робота: методика визначення надійності тестів.....	<b>30</b>
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 1.4. Особливості методології тестування. Розрахункова робота: визначення біологічних ритмів спортсмена.....	<b>42</b>
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 1.5. Основи теорії оцінок. Розрахункова робота: методика проведення кваліметрії та практичного розрахунку норм.....	<b>49</b>
<b>РОЗДІЛ 2. МЕТРОЛОГІЧНИЙ КОНТРОЛЬ ЗА ФІЗИЧНИМ СТАНОМ СПОРТСМЕНА</b> .....	<b>60</b>
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 2.1. Спортивне тренування як система управління. Система контролю у фізичному вихованні та спорті.....	<b>60</b>
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 2.2. Антропометрія, як спосіб вимірювання частин тіла спортсмена. Соматотипування.....	<b>75</b>
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 2.3. Контроль за фізичною підготовленістю та психомоторними здібностями спортсменів....	<b>93</b>
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 2.4. Розрахункова робота: методика комплексної оцінки фізичного стану спортсмена.....	<b>107</b>
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 2.5. Метрологічне забезпечення спортивного відбору та рухової підготовки різних груп населення. Розрахункова робота: визначення рухового віку дитини.....	<b>110</b>
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 2.6. Кросворд на тему “Термінологічні основи спортивної метрології”.....	<b>122</b>
<b>Тематика реферативних робіт з курсу “Спортивна метрологія”...</b>	<b>124</b>



<b>РОЗДІЛ 3. БІОМЕХАНІКА ЯК РОЗДІЛ КІНЕЗІОЛОГІЇ</b> .....	<b>125</b>
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 3.1. Теоретичне підґрунтя біомеханіки як навчальної дисципліни .....	<b>125</b>
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 3.2. Історичний розвиток становлення біомеханіки.....	<b>131</b>
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 3.3. Топографія тіла людини .....	<b>140</b>
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 3.4. Особливості опорно-рухового апарату людини. Види важелів біомеханічної системи.....	<b>150</b>
<b>РОЗДІЛ 4. БІОМЕХАНІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ РУХОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ СПОРТСМЕНІВ</b> .....	<b>164</b>
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 4.1. Розрахунково-графічна робота: побудова траєкторії руху за кінограмою.....	<b>164</b>
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 4.2. Розрахунково-графічна робота: визначення лінійних та кутових переміщень точок тіла людини...	<b>169</b>
ПРАКТИЧНА РОБОТА 4.3. Розрахунково-графічна робота: визначення геометрії мас тіла людини. Визначення положення загального центру тяжіння тіла людини графічним методом (складання сил тяжіння) та аналітичним методом (складання моментів сил тяжіння за теоремою Варіньйона).....	<b>174</b>
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 4.4. Розрахунково-графічна робота: визначення моменту інерції тіла людини при виконанні рухових дій (за методом В.А. Петрова).....	<b>183</b>
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 4.5. Поняття про вимірювальну систему. Апаратурні комплекси та вимірювальні системи біомеханіки .....	<b>188</b>
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 4.6. Розрахунково-графічна робота: визначення ступеня стійкості тіла людини.....	<b>203</b>
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 4.7. Розрахунково-графічна робота: визначення кінематичних характеристик обертального руху тіла та аналіз залежності руху людини від дії сили тяжіння .....	<b>210</b>
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 4.8. Кросворд на тему “Термінологічні основи біомеханіки спорту” .....	<b>217</b>
<b>Тематика реферативних робіт з курсу “Біомеханіка”</b> .....	<b>220</b>
<b>СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ</b> .....	<b>221</b>



## ПЕРЕДМОВА

На сьогодні достатньо актуальним питанням є формування уявлень про систему управління навчально-тренувальним процесом та оздоровчим тренуванням, а також усвідомлення основних положень метрологічного забезпечення рухової підготовленості різних верств населення. Окрім цього, в спортивній практиці важливим аспектом є вивчення рухової системи людини та її рухових дій із метою пошуку раціональних методів підготовки спортсменів високої кваліфікації. Тому, біомеханічний аналіз спортивної техніки є важливою передумовою наукового обґрунтування навчання рухів у спортивній діяльності.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми та освітньо-кваліфікаційної характеристики студенти повинні **знати**:

- особливості метрологічного забезпечення рухової підготовки різних верств населення;
- основні інструментальні методи контролю за руховою підготовленістю спортсменів та осіб, що займаються фізичними вправами;
- будову і функції опорно-рухового апарату людини та принципи керування руховими діями;
- систему спеціальних педагогічних навичок і знань в галузі викладання, підбору та розробки засобів і методик технічної підготовки спортсменів;

### **вміти:**

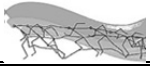
- метрологічно грамотно використовувати вимірювальну інформацію для обробки та аналізу показників різних видів підготовленості спортсменів та осіб, що займаються фізичними вправами;
- добирати найбільш доцільні статистичні методи обробки отриманих результатів тестування;
- розраховувати індивідуальні раціональні моделі техніки, а також об'єктивно оцінювати їх якість.
- визначати кінематичні та динамічні особливості виконання рухових дій;
- аналізувати кінематичні та динамічні характеристики рухових дій за матеріалами їх об'єктивної реєстрації під час виконання фізичних вправ;
- кількісно оцінювати біомеханічні характеристики тіла людини та її рухових дій, а також рівень розвитку різних рухових якостей.



**Загально-професійні компетенції** розкриваються в контексті правильного визначення мети й завдань діагностики, рівня фізичної підготовленості школярів та осіб різного віку; формування оздоровчо-діагностичної програми і відповідного інструментального забезпечення; аналізу результатів діагностики, їх інтерпретації та визначення напрямів фізкультурно-оздоровчої та спортивно-масової роботи; корекції організаційної стратегії вчителя фізичного виховання і тренера обраного виду спорту. Відповідність **спеціалізовано-професійним компетенціям** забезпечується здатністю використовувати математичний апарат для освоєння теоретичних основ і практичного використання методів, що використовуються у фізичному вихованні та спорті; здатністю використовувати професійно профільовані знання й практичні навички в галузі механіки, біодинаміки, кінематики для дослідження явищ і процесів, що відбуваються у організмі осіб, що займаються фізичною культурою і спортом.

Використовуючи цей навчально-методичний посібник, студенти матимуть змогу оволодіти теоретичними і прикладними знаннями. Із цією метою кожне практичне заняття включає теоретичні відомості відповідної теми і практичні завдання у вигляді розрахункових і графічно-розрахункових завдань. Не меш важливим етапом формування знань та умінь є система експрес-контролю, тому на кожному занятті передбачені контрольні питання і тестові завдання для самоконтролю знань.

Сподіваємося, що теоретичні та практичні аспекти цього посібника для вас будуть корисними.



## РОЗДІЛ 1 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ СПОРТИВНОЇ МЕТРОЛОГІЇ

### ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 1.1

#### ОСНОВИ ТЕОРІЇ ВИМІРЮВАНЬ У ФІЗИЧНІЙ КУЛЬТУРІ ТА СПОРТІ

##### *План практичного заняття*

1. Теоретичне підґрунтя спортивної метрології: предмет, напрями, завдання.
2. Процес вимірювання та його основні елементи. Особливості забезпечення точності вимірювань у фізичному вихованні та спорті.
3. Характеристика вимірювальних шкал.
4. Класифікація видів вимірювання.
5. Зміст основних етапів вимірювання.
6. Параметри, які традиційно вимірюються у фізичному вихованні та спорті.

##### *Рекомендована література*

1. Годик М.А. Спортивная метрология. – М.: Физкультура и спорт, 1988. – 261 с.
2. Зациорский В.М. Основы спортивной метрологии. – М.: Знание, 1979. – 189 с.
3. Коренберг В.Б. Спортивная метрология: [учебник] / В.Б Коренберг. – М.: Физическая культура, 2008. – 368 с.
4. Сергієнко Л.П. Спортивна метрологія: теорія і практичні аспекти: [підручник] / Л.П. Сергієнко. – К.: КНТ, 2010. – 776 с.
5. Смирнов Ю.Н., Повельщиков М.М. Спортивная метрология. – М.: “Академия”, 2000. – 232 с.

##### *Методичні рекомендації до практичного заняття*

Термін “метрологія” в перекладі з давньогрецької означає “наука про виміри” (*метрон* – міра, *логос* – слово, наука). Основним завданням загальної метрології є забезпечення єдності і точності вимірювань. Спортивна метрологія як наукова дисципліна являє собою частину загальної метрології.

**Спортивна метрологія** – це наука про вимірювання та контроль у фізичному вихованні та спорті.

**Предметом спортивної метрології** є комплексний контроль у фізичному вихованні та спорті з метою використання його результатів у плануванні підготовки спортсменів і регламентації діяльності осіб, які займаються фізичними вправами.

**Вимірювання** – це процес пізнання, який полягає в порівнянні шляхом фізичного експерименту даної величини з відомою величиною, яка прийнята за одиницю порівняння.



До елементів вимірювань відносять (за Сергієнко Л.П., 2010) (рис. 1):

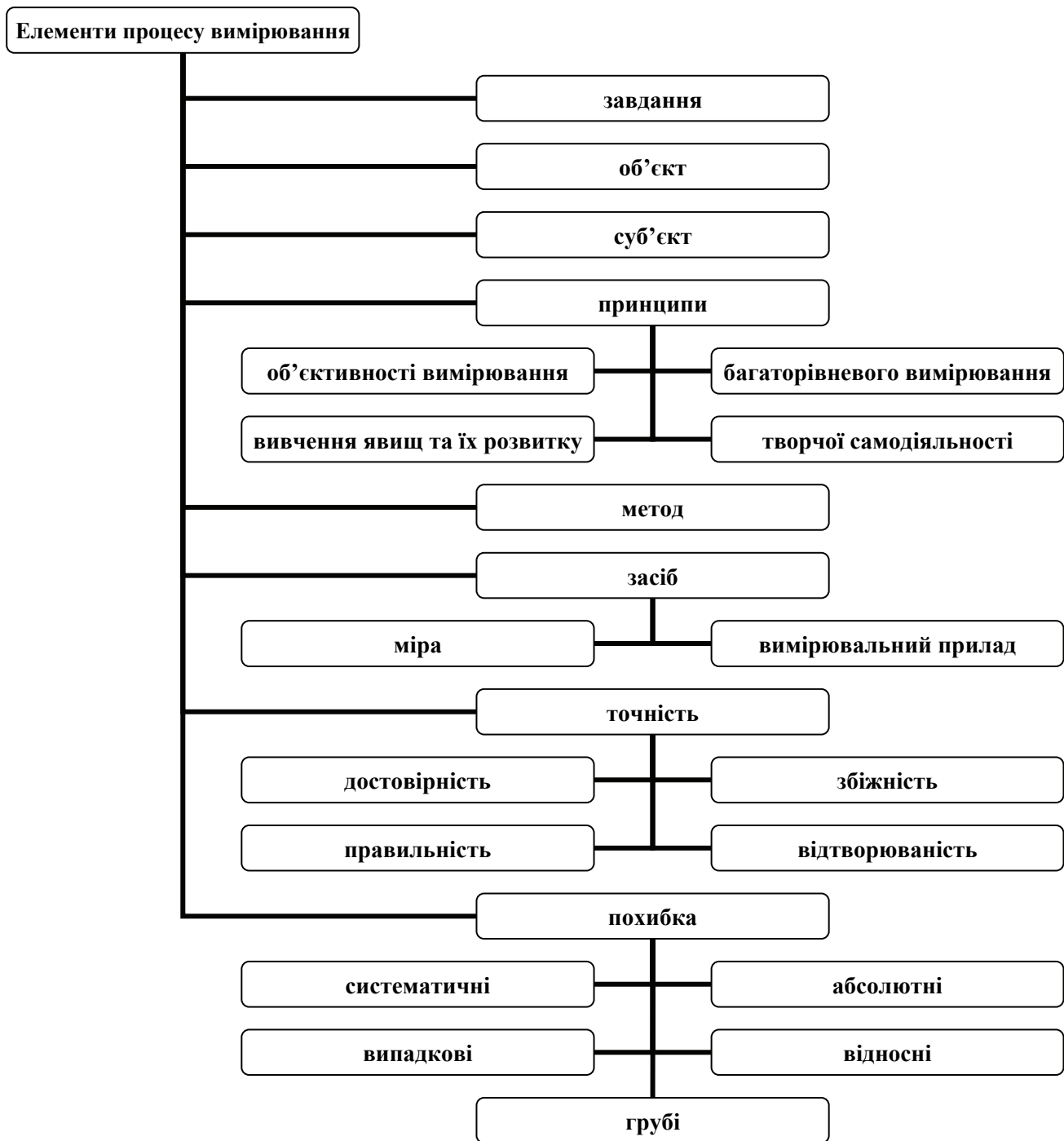


Рисунок 1. Класифікація елементів вимірювання

*Завдання вимірювання* є початковим та першочерговим елементом вимірювання. В завданнях конкретизується, яка саме фізична величина має бути виміряна та допустима похибка вимірювань в певних умовах. При цьому конкретизується об'єкт вимірювання.

*Об'єктом* вимірювання в теоретичній метрології є реальний фізичний об'єкт, властивості якого характеризуються однією або декількома вимірювальними фізичними величинами. В спортивній метрології об'єктом





вимірювання, наприклад, може бути певна рухова якість, властивості якої визначають шляхом вимірювання її складових. Об'єкту вимірювання властиві наступні особливості (рис. 2):



Рисунок 2. Властивості об'єкта вимірювання

**Мінливість** – непостійність змінних величин, що характеризують стан спортсмена та його діяльність. Безперервно змінюються всі показники спортсмена: фізіологічні, морфо-анатомічні, біомеханічні, психофізіологічні тощо. Мінливість об'єкта вимагає проведення багатократних вимірювань та обробку отриманих результатів методами математичної статистики.

**Багатовимірність** – велике число змінних, які потрібно одночасно вимірювати, з метою характеристики стану та діяльність спортсмена. Зменшення числа вимірюваних змінних – характерна особливість спортивної метрології, що обумовлено не тільки організаційними труднощами, які виникають при спробах одночасно зареєструвати багато змінних, але й і різким зростанням трудомісткості їх одночасного аналізу.

**Квалітативність** – якісна характеристика, за відсутності точної кількісної міри. Фізичні якості спортсмена, властивості особистості і колективу, якість інвентарю та багато інших чинників спортивного результату ще не піддаються точному виміру, але, тим не менш, повинні бути оцінені як можна точніше.

**Адаптивність** – властивість людини пристосовуватися (адаптуватися) до навколишніх умов. Адаптивність лежить в основі навчання і дає спортсмену можливість освоювати нові елементи рухів і виконувати їх як у звичайних, так і в ускладнених (змагальних) умовах. Але одночасно адаптивність ускладнює завдання спортивних вимірів. При багаторазових дослідженнях спортсмен звикає до процедури дослідження і починає показувати інші результати при незмінному функціональному стані.



**Рухливість** – особливість спортсмена, заснована на тому, що в переважній більшості видів спорту спортивна діяльність пов'язана з безперервними переміщеннями. У порівнянні з дослідженнями, проведеними з нерухомою людиною, вимірювання в умовах спортивної діяльності супроводжуються додатковими похибками реєстрованих кривих і помилками у вимірах.

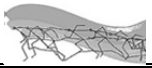
**Суб'єктом вимірювання** в спортивній метрології є людина, при цьому взаємозв'язок суб'єкта і об'єкта вимірювання можливий тільки на основі математичної моделі об'єкта – сукупності математичних символів і відношень між ними, що адекватно визначає певні властивості об'єкта вимірювання.

Виділяють наступні **принципи вимірювання**:

- принцип об'єктивності вимірювання вирішує проблему співвідношення об'єктивного та суб'єктивного компонентів у науковому пізнанні. Результати об'єктивних вимірювань не можуть змінити сутність і закономірності, якими наділений суб'єкт вимірювання;
- принцип багатомірного, багаторівневого вимірювання суб'єкту полягає у визначенні певних закономірностей об'єкту на різних рівнях його організації, у відповідності до чого обираються відповідні методи вимірювання та робиться відповідний аналіз та синтез отриманих результатів;
- принцип вивчення явищ та їх розвитку ґрунтується на розумінні природи особистості як динамічного явища, що дає можливість шляхом екстраполяції спрогнозувати розвиток певних явищ і процесів у майбутньому (система спортивного відбору);
- принцип творчої самодіяльності процесу вимірювання передбачає творчий підхід у реалізації етапності вимірювання, підборі методів вимірювання та інше.

**Метод вимірювання** – це прийом порівняння вимірювальної фізичної величини з її одиницею у відповідності до реалізованих принципів вимірювання. Методи вимірювання бувають безпосередніми та опосередкованими. **Прямі вимірювання** характеризуються безпосереднім вираження фізичної величини її мірою. Наприклад, при визначенні довжини предмета лінійкою відбувається вираз шуканої величини (кількісного вираження значення довжини) лінійною мірою. **Опосередковані вимірювання** відрізняються від прямих тим, що шукане значення величини встановлюють за результатами прямих вимірювань таких величин, які пов'язані з шуканою певною залежністю. Так, якщо виміряти силу струму амперметром, а напругу вольтметром, то за відомою функціональної залежності трьох величин можна розрахувати потужність електричного ланцюга.

**Засіб вимірювання** – це технічні засоби, що використовуються при вимірюваннях і мають нормовані метрологічні властивості. До них відносять: **міру** – засіб вимірювання, призначений для відтворення фізичної величини заданого розміру (гиря – міра маси), та **вимірювальний прилад** – засіб вимірювання, який дозволяє одержувати вимірювальну інформацію у формі, що є доступною для безпосереднього сприйняття її спостерігачем.



**Точність вимірювання** – це якість вимірювання, яка характеризує близькість результату вимірювання до істинного значення вимірюваної величини. Точність є величиною кількісною, велика точність відповідає малим похибкам і навпаки. **Достовірність вимірювань** – ступінь довіри за результатом вимірювання, що характеризується імовірністю наближення істинного значення вимірюваної величини до вказаних меж. **Правильність вимірювання** – це якість вимірювання, яка відображає близькість до нуля систематичних помилок у їхніх результатах. **Збіжність результатів вимірювання** – це якість вимірювання, що відображає близькість результатів вимірювання один до одного, виконаних у однакових умовах. **Відтворюваність результатів вимірювання** – це якість вимірювання, що відображає близькість результатів вимірювання один до одного, одержаних за різних умов.)

У результаті вимірювання результатів рухової (спортивної) діяльності людини можуть виникати похибки. **Похибка вимірювання** – відхилення результатів вимірювання від істинного значення вимірюваної величини.

**Систематичні помилки** – помилки, величина яких не змінюється від вимірювання до вимірювання. **Види систематичних помилок:**

- інструментальні помилки (результат конструктивних недоліків вимірювальної апаратури);
- помилки установки (пов'язані з неправильним розташуванням вимірювальної апаратури);
- помилки, пов'язані з об'єктом вимірювання (залежать від емоційного збудження, втоми, стану мотивації спортсмена; один – стабільний, інший – ні);
- помилки суб'єкта вимірювання (пов'язані з індивідуальними властивостями дослідника, умовою запобігання є підбір кваліфікованих осіб);
- помилки методу (недостатня досконалість методи вимірювання, використання наближених формул при непрямому (опосередкованому) вимірюванні).

**Випадкові помилки** – це невизначені за величиною та природою помилки, в прояві яких не простежуються закономірності. Випадкові помилки важко ліквідуються, однак за допомогою методів математичної статистики можна оцінити величину випадкової помилки та врахувати її значення під час інтерпретації отриманих результатів.

**Грубі помилки (промах)** – призводять до виникнення невірних результатів вимірювання і характеризуються суттєвими відмінностями результату від ряду інших. Причиною таких помилок може бути непомічене порушення методики виконання вимірювань, неправильний підрахунок результатів за шкалою вимірювального приладу, неправильний запис результатів спостереження.

Результат вимірювання будь-якої величини відрізняється від істинного значення. Це відмінність, що дорівнює різниці між показанням приладу й



істинним значенням, називається **абсолютною помилкою (погрішністю)** вимірювання, яка виражається в тих же одиницях, що і сама вимірювана величина:

$$x = x_{\text{ист}} - x_{\text{izm}}$$

де  $x$  – абсолютна погрішність.

Під час проведення комплексного контролю, коли вимірюються показники різної розмірності, доцільніше користуватися не абсолютною, а **відносною помилкою (похибкою)**. Вона визначається за такою формулою:

$$x_{\text{відн}} = \frac{x}{x_{\text{izm}}} \cdot 100\%$$

Доцільність застосування  $x_{\text{відн}}$  пов'язана з такими обставинами. Припустимо, що ми вимірюємо час з точністю до 0,1 с (абсолютна погрішність). При цьому, якщо йдеться про біг на 10 000 м, то точність цілком прийнятна. Але вимірювати з такою точністю час реакції не можна, оскільки величина помилки майже дорівнює величині, яку вимірюють (час простої реакції дорівнює 0,12-0,20 с). У зв'язку із цим, потрібно зіставити величину помилки та саму величину, яку вимірюють, і визначити відносну погрішність.

**Відносні помилки бувають двох видів: дійсна (відношення абсолютної помилки до істинного значення вимірюваної величини) та приведена (відношення абсолютної помилки до максимально можливого значення вимірюваної величини).**

Отже, **основними авдання спортивної метрології є:**

- розробка теорії та практики вимірювань (технології, шкал, точності та інше);
- визначення основних положень теорії тестів (інформативності, надійності, стабільності, узгодженості та інше);
- визначення найбільш доцільних статистичних методів обробки результатів вимірювань моторики людини;
- розробка рекомендацій щодо метрологічного забезпечення функціональної підготовки спортсменів та осіб, які займаються фізичними вправами;
- визначення особливостей метрологічного контролю за різними сторонами підготовленості спортсменів, а також їх змагальної та тренувальної діяльності;
- визначення метрологічного контролю забезпечення рухової підготовки різних верств населення.

На думку В.Б. Коренберга (2008), **спортивна метрологія** – це галузь спортивної педагогіки, сукупність принципів, уявлень, правил, методів, прийомів, що являють собою теоретичні і методичні основи контролю в спорті. Її можна розрізнити на такі складові:

- спортивна метрологія як теоретичний предмет – сукупність принципів, закономірностей, положень, правил;
- спортивна метрологія як набір технологій, прийомів, що використовуються у фізичному вихованні та спорті для здійснення ефективного контролю за розвитком моторики людини;



- спортивна метрологія як навчальна дисципліна.

**Шкала вимірювань** – це упорядкована сукупність значень фізичної величини, яка служить основою для її вимірювання. На рисунку 3 наведені основні вимірювальні шкали

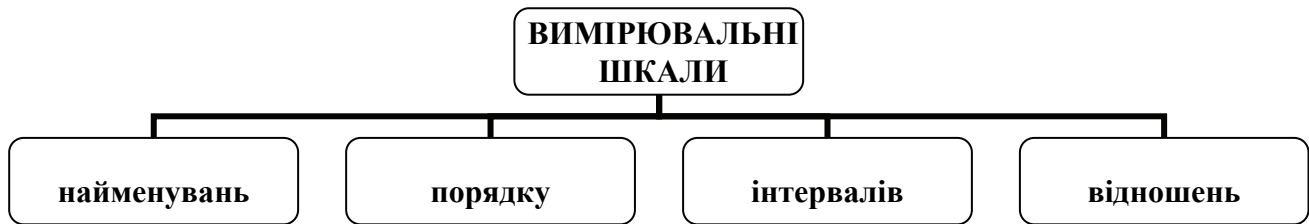


Рисунок 3. Види вимірювальних шкал

**Шкала найменувань** характеризує це найпростіший рівень вимірювання, який дає вибір дискретних категорій, що дозволяє розмежувати різні об'єкти (стать, національність, спортивна кваліфікація та інше). У зв'язку з тим, що ці шкали характеризуються лише відношенням еквівалентності, в них відсутнє поняття “нуля”, “більше”, “менше” і одиниці вимірювань. Власне вимірювання, що відповідають визначенню цієї дії, у шкалі найменувань не здійснюються. Мається на увазі угруповання об'єктів, ідентичних за певною ознакою, і привласнення ним позначень. Позначеннями, які привласнюються об'єктам, є числа. Наприклад, легкоатлети-стрибуни в довжину за цією шкалою можуть позначатися номером 1, стрибуни у висоту – 2, стрибуни потрійним – 3, стрибуни з жердиною – 4.

**Шкала порядку (рангів)**. Порядкове вимірювання дозволяє впорядкувати об'єкти, присвоївши кожному ранг та зрозуміти, як саме він пов'язаний з іншими у кількісних пропорціях. Шкала порядку дозволяє визначити які об'єкти характеризуються більшою або меншою кількістю вимірювальної властивості у порівнянні з іншими. Таке впорядкування дає більш детальну і точну інформацію у порівнянні з номінальним вимірюванням. Наприклад, змагання в бігу на 100 м – це визначення рівня розвитку швидкісно-силових якостей. У спортсмена, що виграв забіг, рівень таких якостей у цей момент вищий, ніж у того, що прийшов другим. У другого, у свою чергу, вищий, ніж у третього і т.д. Але найчастіше шкала порядку використовується там, де неможливі якісні вимірювання в прийнятій системі одиниць. Наприклад, у художній гімнастиці потрібно виміряти артистизм різних спортсменок. Він встановлюється у вигляді рангів: ранг переможця – 1, друге місце – 2 і т.д.

При використанні цієї шкали можна додавати і віднімати ранги або здійснювати з ними які-небудь інші математичні дії. Проте необхідно пам'ятати, що якщо між другою і четвертою спортсменками два ранги, то це зовсім не означає, що другий удвічі артистичніший від четвертого.

**Шкала інтервалів (шкала різниці)** – є подальшим розвитком шкал порядку, але в цьому випадку вимірювання дають можливість визначити не тільки ранги прояву ознаки серед групи осіб, але й наскільки більший або



менший результат її розвитку. Суть даної шкали полягає у довільному виборі нульової точки (але це не відповідає повній відсутності вимірюваної властивості), а потім вимірювання проводиться за допомогою одиниць, які мають однакові вимірювальні інтервали. Наприклад, нахил тулуба вперед з положення стоячи на гімнастичній лаві.

Тобто, вимірювання в цій шкалі не тільки впорядковані за рангом, але і розділені певними інтервалами. В інтервальній шкалі встановлені одиниці вимірювання (градус, секунда і т.д.). Об'єкту вимірювання привласнюється число, що дорівнює кількості одиниць вимірювання, яке він містить. Наприклад, температура тіла спортсмена А під час виконання вправи дорівнювала 39,0 °С, спортсмена В – 39,5 °С.

Обробка результатів вимірювань в інтервальній шкалі дає змогу визначити, “наскільки більший” один об'єкт порівняно з іншим (у наведеному вище прикладі – 0,5 °). Тут можна використовувати будь-які методи статистики, окрім визначення відношення. Пов'язано це з тим, що нульова точка цієї шкали вибирається довільно.

**Шкала відношень.** Вимірювання за цією шкалою відрізняються від інтервального тільки тим, що в ній визначається нульова точка, яка відповідає повній відсутності прояву вимірювальної ознаки. Наприклад, виміри довжини, маси тіла, час на виконання завдання – можна сказати не тільки хто і за скільки секунд вирішив завдання, але й наскільки швидше. З формальної точки зору шкала відношень є шкалою інтервалів з природнім початком підрахунку.

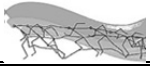
У шкалі відношень нульова точка не довільна, і отже, в деякий момент часу якість, яка вимірюється, може дорівнювати нулю. Тому при оцінці результатів вимірювань в цій шкалі можна визначити “у скільки разів” один об'єкт більший за інший. У цій шкалі яка-небудь з одиниць вимірювання приймається за еталон, а величина, яка вимірюється містить стільки цих одиниць, у скільки разів вона більша від еталона. Так, сила в 600 Н, що дорівнює 6,6 с, у стільки ж разів більша від основної одиниці вимірювання – одного ньютонна. Результати вимірювань у цій шкалі можуть оброблятися будь-якими методами математичної статистики.

У таблиці 1 представлена зведена інформація щодо основних характеристик, прикладів і можливих методів математичної статистики різних шкал вимірювань.

**Таблиця 1**

**Характеристики і приклади шкал вимірювань**  
(за Дж. Глассом, Дж. Стенлі, 1976)

Шкала	Характеристики	Математичні методи	Приклади
Найменування	Об'єкти згруповані, а групи позначені номерами. Те, що номер однієї групи більший або менший від іншого, свідчить лише про те, що їх властивості розрізняються	Кількість випадків, мода, тетрагорічні і полігорічні коефіцієнти кореляції	Номер спортсмена, амплуа тощо



## Продовження таблиці 1

Порядку	Числа, привласнені об'єктам, відображають кількість властивості, що належить їм. Можливе встановлення співвідношення “більше” або “менше”	Медіана, рангова кореляція, рангові критерії, перевірка гіпотез непараметричною статистикою	Результати ранжирування спортсменів у тесті
Інтервалів	Існує одиниця вимірювань, за допомогою якої об'єкти можна не тільки впорядкувати, але і приписати їм числа так, щоб рівні різниці відображали різні відмінності в кількості властивості, яку вимірюють	Усі методи статистики, крім визначення відношення	Температура тіла, суглобові кути тощо.
Відношень	Числа, привласнені предметам, мають усі властивості інтервальної шкали. На шкалі існує абсолютний нуль, який указує на повну відсутність цієї властивості об'єкта. Відношення чисел, привласнених об'єктам після вимірювань, відображають кількісні відносини властивості	Усі методи статистики	Довжина і маса тіла, сила рухів, прискорення тощо.

У спортивній метрології визначено декілька **класифікацій видів вимірювань**:

- засновані на використанні органів чуттів;
- виконувані за допомогою спеціальних технічних засобів;
- класифіковані за способом одержання числового значення вимірювань;
- класифіковані за характером вимірюваної величини в процесі вимірювань;
- класифіковані за кількістю вимірюваної інформації;
- класифіковані по відношенню до основних одиниць вимірювання.

**Види вимірювань, засновані на використанні органів відчуття людини.** Вимірювання, в основі яких використовуються зорове, слухове, нюхове, дотикове і смакове сприйняття, називаються **органолептичними**. Розвиток психомоторних здібностей людини засновано на реалізації контрольних функцій органів відчуття. Так, наприклад, у теорії спорту для розвитку простої рухової реакції спортсмена існує метод, який умовно названо “сенсомоторний”, котрий засновано на здібності людини розрізняти невеликі інтервали часу і відповідно вимірювати тривалість рухової реакції. Ця методика спрямована на те, щоб розвивати здібність точно сприймати час і за допомогою цього підвищити швидкість реагування на будь-який подразник.



В цілому, класифікаційний розподіл видів вимірювань представлений на рисунку 4.

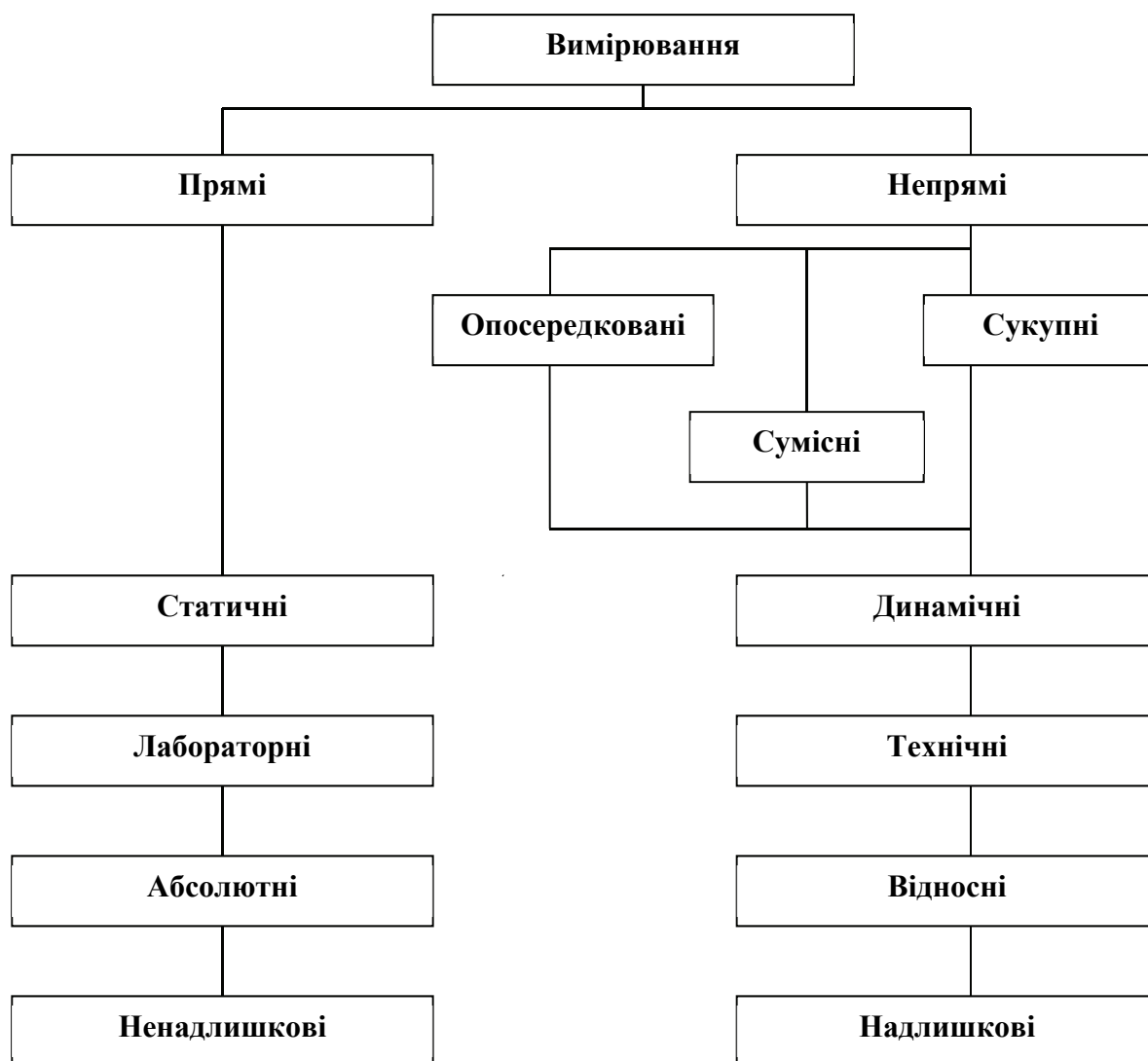


Рисунок 4. Класифікація видів вимірювання

*Види вимірювань, виконувани за допомогою спеціальних технічних засобів.* Такі вимірювання називають інструментальними. Дослідник може реєструвати дані приладу і заносити їх до журналу, обробляти їх найпростішим способом і за допомогою обчислювальних засобів. На якість цих операцій впливає рівень професійної підготовки, мотивація, внутрішній стан особи.

*Види вимірювань, класифіковані за способом одержання числового значення фізичної величини:*

- *прямі вимірювання* – вимірювання, при яких вимірюється безпосередньо певна фізична величина, які виконуються за допомогою вимірювальної апаратури;
- при *непрямих вимірюваннях* значення величини встановлюють за результатами прямих вимірювань тих величин, які пов'язані певною залежністю з тими, що потрібно виміряти;





- **сукупними вимірюваннями** називають такі, в яких значення вимірюваних величини знаходять за даними повторних вимірювань однією або декількох однойменних величин;
- **сумісні вимірювання** – це одночасне вимірювання двох або більшої кількості неоднорідних фізичних величин для визначення функціональної залежності між ними.

**Види вимірювань, класифіковані за характером вимірюваної величини:**

- **динамічні вимірювання** пов'язані з такими величинами, які в процесі вимірювання мають певні зміни;
- статичні вимірювання мають місце тоді, коли вимірювана величина практично постійна (маса диску); статистичні вимірювання пов'язані з певними характеристиками випадкових процесів.

**Види вимірювань, класифіковані за кількістю вимірюваної інформації:**

- **одноразові вимірювання** – це одне вимірювання однієї величини; у зв'язку з тим, що одноразові вимірювання часто мають певні помилки, слід проводити декілька одноразових вимірювань, а кінцевий результат знаходити як середнє арифметичне значення;
- **багаторазові вимірювання** характеризуються перевищенням кількості вимірюваних величин.

**Види вимірювань, класифіковані по відношенню до основних одиниць вимірювання:**

- в **абсолютних вимірюваннях** використовуються вимірювання однієї основної величини;
- **відносні вимірювання** базуються на встановленні відношення вимірюваної величини до однорідної, що використовується в якості одиниці.

Вимірювання у фізичному вихованні за співвідношенням між кількістю вимірюваних величин та кількістю вимірювань поділяють на **ненадлишкові одноразові та надлишкові**, які виконуються або одноканально багаторазово, або багатоканально одноразово, зокрема, із метою зниження рівня випадкових похибок шляхом усереднення.

Вимірювання включає **наступні етапи**: постановка вимірювальних завдань, планування вимірювання, вимірювальний експеримент, обробка експериментальних даних.

**Першим етапом** будь-якого вимірювання є постановка вимірювальних завдань, що включає: збір даних про вимірювання і дослідження фізичних величин, їх аналіз; формування моделі об'єкта і визначення вимірюваної величини; постановку вимірювального завдання на основі прийнятої моделі об'єкта вимірювання; вибір конкретних величин, за допомогою яких буде знаходитись значення вимірювальної величини; формулювання рівняння вимірювання.



**На другому етапі** процесу вимірювання відбувається планування вимірювання, яке відбувається в такій послідовності: вибору методів вимірювань безпосередньо вимірюваних фізичних величин і можливих видів системи вимірювань; апріорна оцінка похибки вимірювань; визначення вимог до метрологічних характеристик системи вимірювань і умов вимірювань; вибір системи вимірювань у відповідності до вказаних вимог; вибір параметрів вимірювальної процедури; підготовка системи вимірювань до виконання експериментальних досліджень; забезпечення відповідних умов для вимірювання та створення можливості їх контролю.

**Третій головний етап вимірювання** – вимірювальний експеримент: взаємодія засобів і об'єкта вимірювань; переформування сигналу вимірювальної інформації; відтворення сигналу заданого розміру; порівняння сигналів і реєстрація результатів.

**Останній етап вимірювання** – обробка експериментальних даних: попередній аналіз інформації; розрахунок і внесення можливих поправок на систематичні погрішності; формулювання та аналіз математичного завдання обробки даних; побудова можливих алгоритмів обробки експериментальних даних; проведення розрахунків відповідно прийнятому алгоритму; аналіз та інтерпретація одержаних результатів.

Сучасна уніфікація одиниць вимірювання, технологій, технічних засобів дозволила в науці про спорт одержати інформацію більше ніж **3000 окремих параметрів**. Їх можна розділити на 4 рівні:

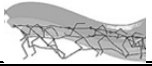
- інтегральні – відображають сумарний ефект функціонального стану різних систем організму (наприклад, спортивну майстерність);
- комплексні – відносять до однієї із функціональних систем організму людини (наприклад, фізичної підготовленості);
- диференціальні – характеризують тільки одну властивість системи (наприклад, розвиток координаційних здібностей);
- одиничні – розкривають одну величину окремої властивості системи (наприклад, розвиток швидкісної сили як складової силових здібностей людини).

**Основними вимірюваними і контрольованими параметрами** в наукових дослідженнях з фізичного виховання і спорту є:

- фізіологічні (“внутрішні”), фізичні (“зовнішні”) та психологічні параметри тренувального навантаження і відновлення;
- параметри розвитку координаційних, силових, швидкісних здібностей, здібностей до витривалості та гнучкості в суглобах людини;
- функціональні параметри серцево-судинної, дихальної, сенсорних систем;
- біомеханічні параметри спортивної техніки;
- лінійні та обхватні параметри розмірів тіла.

### **Контрольні питання:**

1. Що таке спортивна метрологія? Які особливості спортивної метрології?
2. Які існують напрямки метрології ?



3. В чому полягає сутність спортивної метрології як педагогічного явища?
4. Що називають вимірюванням? Визначте елементи процесу вимірювання та охарактеризуйте фактори, які впливають на їх точність?
5. Що таке метод та методика вимірювання?
6. Класифікуйте види вимірювань та охарактеризуйте їх.
7. Що таке абсолютна та відносна похибка вимірювання? В чому полягає сутність їх використання?
8. Що називають фізичною величиною? Чим різняться основні та похідні величини?
9. Які системи одиниць фізичних величин ви знаєте?
10. Що таке шкала вимірювань? Які види їх бувають?

### *Тестові завдання для самоконтролю знань*

1. **Наукою про вимірювання і контроль у фізичному вихованні та спорті називають:**
  - а) гносеологію;
  - б) спортивну метрометрію;
  - в) спортивну метрологію;
  - г) динамічну морфологію.
2. **Предметом спортивної метрології є:**
  - а) обґрунтування взаємодії спортсмена з опорою;
  - б) комплексний контроль у фізичному вихованні та спорті;
  - в) регламентація діяльності тих, хто займається;
  - г) тренування та змагання.
3. **Основними елементами процесу вимірювань є:**
  - а) рухові якості;
  - б) психомоторні здібності;
  - в) об'єкт, суб'єкт, метод та засіб вимірювання;
  - г) вимірювальні прилади.
4. **Міжнародна система одиниць позначається:**
  - а) SI;
  - б) GI;
  - в) DI;
  - г) CI.
5. **Міжнародна система стандартизованих одиниць включає:**
  - а) динамічні та кінематичні величини;
  - б) основні, додаткові та похідні величини;
  - в) антропометричні та фізичні величини;
  - г) моторні та біохімічні величини.



**6. Вимірювальні шкали у системі фізичного виховання та спорту представлені:**

- а) стандартними шкалами;
- б) шкалами найменувань, порядку, інтервалів та відношень;
- в) перцентильними шкалами;
- г) пропорційними шкалами.

**7. В системі спортивних вимірів метричними шкалами є:**

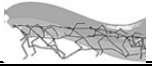
- а) шкала найменувань та відношень;
- б) шкала інтервалів;
- в) шкали порядку та інтервалів;
- г) шкали інтервалів та відношень.

**8. Наявністю природного нульового рівня характеризується шкала:**

- а) шкала найменувань та відношень;
- б) шкали порядку;
- в) шкала інтервалів;
- г) шкали відношень.

**9. Визначте взаємозалежність між наведеними видами вимірювальних шкал та відповідними вимірюваннями:**

- |   |                    |   |  |
|---|--------------------|---|--|
| 1 | Шкала найменування | А | Час вирішення рухового завдання                    |
| 2 | Шкала порядку      | Б | Виконання тесту “нахил тулуба вперед”              |
| 3 | Шкала інтервалів   | В | Впорядкування спортсменів за часом виконання тесту |
| 4 | Шкала відношень    | Г | Порядковий номер спортсмена в списку               |



## ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 1.2

**ГРАФІЧНО-РОЗРАХУНКОВА РОБОТА:  
ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ МАТЕМАТИЧНОЇ СТАТИСТИКИ  
У ФІЗИЧНОМУ ВИХОВАННІ ТА СПОРТІ**

**Мета роботи:** за допомогою загальноприйнятих методів математичної статистики навчитися розраховувати основні характеристики варіаційного ряду, порівнювати вибірки та визначати взаємозалежність між двома групами показниками.

**Рекомендована література**

1. Ашмарин Б.А. Теория и методика педагогических исследований в физическом воспитании. – М.: Знание, 1978. – 247 с.
2. Гласе Дж., Стенли Дж. Статистические методы в педагогике и психологии. – М.: Прогресс, 1976.
3. Зациорский В.М. Кибернетика, математика, спорт. – М.: ФиС, 1969.
4. Иванов А.А. Основы математической статистики. – М., 1991. – 237 с.
5. Лакин Г.Ф. Биометрия. – М.: Высш. шк., 1980.
6. Сергієнко Л.П. Спортивна метрологія: теорія і практичні аспекти: [підручник] / Л.П. Сергієнко. – К.: КНТ, 2010. – 776 с.
7. Смирнов Ю.И. Спортивная наука и стандарты // Теория и практика физ. культуры. – 1977. – № 11. – С. 38–48.
8. Сутула В.А. Лабораторный практикум по спортивной метрологии. – Х.: Основа, 1994.

**Методичні рекомендації до практичного заняття (частина 1)**

Сукупність всіх цікавлячих нас об'єктів називається **генеральною сукупністю** об'єктів. Кількість об'єктів у генеральній сукупності називається **об'ємом**. Кожне число генеральної сукупності називається **варіантой**. **Вибіркова сукупність (вибірка)** – це відібрана частина елементів генеральної сукупності, яка характеризує властивості всієї сукупності.

Первинна обробка експериментальних даних (групування) та графічне їх представлення наочно показують, як варіює ознака у вибірковій сукупності, однак цього недостатньо для повної характеристики всього обсягу спостережень. Для повної характеристики необхідні числові характеристики, що показують положення центра емпіричного розподілу (середнє арифметичне, мода, медіана), показники їх розсіювання (дисперсія, стандартне квадратичне відхилення, коефіцієнт варіації).

**Середня арифметична величина** – одна із основних характеристик вибірки – це результат поділу суми всіх значень варіанту на їх кількість.

$$\bar{X} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_i}{n} \quad \text{або} \quad \bar{X} = \frac{\sum x_i}{n}$$



де  $n$  – обсяг вибірки (спостережень);  $x_i$  – варіанти спостережень;  $\Sigma$  – знак суми. Якщо дані представлені у вигляді **варіаційного ряду**, то застосовується наступна формула:

$$\bar{X} = \frac{\sum x_i m_i}{n}$$

де  $m_i$  – частоти розрядів;  $x_i$  – серединні значення розрядів.

**Мода (Mo)** – це значення ознаки, що трапляється у вибірці найчастіше.

**Медіана (Me)** – це таке значення ознаки  $X$ , яка ділить упорядковану (ранжовану) множину даних навпіл. Тобто таке значення ознаки, за якого одна половина експериментальних даних менша за неї, а друга – більша (середнє значення варіаційного ряду). Порядковий номер медіани у варіаційному ряді (ранг) визначається так:

$$R_{Me} = \frac{n + 1}{2}$$

Якщо вибірка містить парне число членів, то медіаною прийнято вважати середнє арифметичне середніх членів вибірки.

**Дисперсія** – це середній квадрат відхилення значень ознаки від середнього арифметичного. Розраховується як сума квадратів різниць емпіричних значень та вибіркової середньої, поділеної на обсяг вибірки:

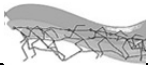
$$D = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^2 \cdot m_i}{n}$$

Середнє арифметичне значення дозволяє порівнювати і оцінювати групи явищ, які вивчаються загалом. Однак, для характеристики групи явищ цієї величини недостатньо. Тому розраховують показник, який дає інформацію про величину коливань варіант навколо середньої величини, мінливість варіаційного ряду – **середнє квадратичне або стандартне відхилення**. Чим менше значення сигми, тим більш однорідний варіаційний ряд. Середнє квадратичне відхилення – це квадратний корінь з дисперсії. Дисперсія і стандартне відхилення характеризують відхилення реальних варіантів від їх середнього арифметичного значення.

$$\sigma = \pm \sqrt{\frac{\sum d^2 n_i}{n}} \quad \text{або} \quad \sigma = \sqrt{\sigma^2}$$

Середнє квадратичне відхилення завжди позитивна величина, при  $n > 30$ , знаменник не  $(n-1)$ , а просто  $n$ .

**Коефіцієнт варіації** є відносною характеристикою однорідності спостережень та виражається формулою:



$$V = \frac{\sigma}{x} \times 100 \%$$

Прийнято вважати, що якщо  $V$  не перевищує 10%, то вибірка вважається однорідною.

**Помилка репрезентативності ( $m$ )** показує, наскільки точно вибірка відображає властивості генеральної сукупності (якщо  $m > 1$ , то результати за вибіркою не можна розповсюдити на генеральну сукупність):

$$m = \frac{\sigma}{\sqrt{n-1}}, \quad \text{при } n < 30$$

**Критерій Фішера** є параметричним критерієм. Він застосовується для порівняння різновеликих малих і середніх вибірок за показниками розсіювання (дисперсіями). Дотримання нормального закону розподілу необов'язкове. Критерій Фішера розраховується за формулою:

$$F = \frac{\sigma_1^2}{\sigma_2^2}, \quad \text{при } \sigma_1 > \sigma_2$$

**Критерій Стьюдента** є параметричним, використовується для порівняння рівновеликих вибірок за значенням їх середніх показників (середнє арифметичне). Дотримання нормального закону розподілу обов'язкове. Критерій Стьюдента визначається за формулою:

$$t = \frac{|\bar{x}_1 - \bar{x}_2|}{\sqrt{m_1^2 + m_2^2}}$$

де  $\bar{x}_1$  та  $\bar{x}_2$  – середні арифметичні порівнюваних вибірок,  $m_1$  та  $m_2$  – помилки репрезентативності, що виявлені на основі показників двох вибірок.

#### **Хід розрахункової роботи:**

1. На основі наведених вище формул та прикладів розрахункових завдань визначте числові значення показників положення та розсіювання варіаційного ряду. Зробіть статистичний та педагогічний висновок.

#### **Складові положення та розсіювання варіаційного ряду**

##### **Приклади розрахункових завдань**

**Варіант 1.** Визначте показники положення та розсіювання результатів тестування групи юних спортсменів в бігу на 30 м, якщо результати кожного із них становлять: 7,3 с; 7,5 с; 6,2 с; 6,8 с; 6,5 с; 7,2 с; 6,2 с; 6,7 с; 8,1 с; 7,7 с; 7,3 с; 7,1 с.

**Варіант 2.** Визначте показники положення та розсіювання результатів тестування швидко-силових якостей юних спортсменів, якщо результат у стрибку в довжину з місця кожного із них становить: 75 см; 86 см; 73,5 см; 63 см; 89 см; 110 см; 59 см; 76 см; 68 см; 89 см; 68 см; 113 см; 87 см; 105 см; 89 см.



**Варіант 3.** Визначте показники положення та розсіювання результатів групи юних спортсменів під час тестування гнучкості (нахил тулуба вперед з положення сидячи), якщо результат кожного із них становить: 9 см; 10 см; 6 см; 15 см; 13 см; 5 см; 14 см; 8 см; 3 см; 8 см; 9,5 см; 13 см; 7 см.

**Варіант 4.** Визначте показники положення та розсіювання результатів тестування динамічної сили юних спортсменів, якщо результати тестування під час піднімання тулуба з положення лежачи за 30 с становлять: 8, 13, 18, 9, 15, 23, 20, 21, 13, 10, 21, 26, 16, 22 разів.

**Варіант 5.** Визначте показники положення та розсіювання результатів тестування швидкісної витривалості юних спортсменів, якщо результати тестування кожного із них в бігу на 100 м становлять: 26,3 с; 25,1 с; 28,9 с; 22,1 с; 24,6 с; 28,9 с; 25,1 с; 24,9 с; 27,3 с; 26,4 с; 27,3 с; 26,8 с; 28,9 с.

### Порівняння вибірок

#### *Приклади розрахункових завдань*

**Варіант 1.** Який рівень розбіжностей мають результати тестування гнучкості юних спортсменів, якщо їх результати на першому етапі експерименту становлять  $9,22 \pm 0,45$  см, а на етапі формуючому –  $10,24 \pm 0,06$  см.

**Варіант 2.** Який рівень взаємозв'язку мають результати тестування гнучкості юних спортсменів, якщо їх результати під час виконання нахилу тулуба вперед з положення сидячи на етапі констатуючого експерименту становлять  $8,31 \pm 0,22$  см, а на етапі формуючого –  $12,8 \pm 0,28$  см?

**Варіант 3.** Який рівень розбіжностей мають результати тестування спритності юних спортсменів, якщо їх результати в човниковому бігу на етапі констатуючого експерименту становлять  $13,12 \pm 0,34$  с, а на етапі формуючого –  $13,54 \pm 0,11$  с?

**Варіант 4.** Який рівень розбіжностей мають результати тестування швидкісної витривалості юних спортсменів, якщо їх результати в бігу на 100 м на етапі констатуючого експерименту становлять  $25,79 \pm 0,29$  с, а на етапі формуючого –  $24,53 \pm 0,33$  с?

**Варіант 5.** Який рівень взаємозв'язку мають результати тестування юних спортсменів в бігу на 100 м, якщо їх результати на етапі констатуючого експерименту становлять  $27,56 \pm 0,3$  с, а на етапі формуючого –  $24,53 \pm 0,33$  с?

#### *Методичні рекомендації до практичного заняття (частина 2)*

**Кореляція** – це вид взаємозв'язку між ознаками. Кожна ознака являє собою множину однотипних варіаційних показників. Показники також можуть бути однаковими, тобто одному значенню першої ознаки може відповідати кілька значень другої. **Практична реалізація кореляції:**

- вплив деякого елемента тренувального навантаження на спортивний результат (сила м'язів плечового поясу і швидкість плавання, рівень розвитку фізичної якості й успішність виконання змагальної вправи);





- взаємний вплив показників тренуваності (швидкість плавання і кількість гребків за одиницю часу, зв'язок між антропометричними показниками і показниками тренуваності);
- вплив функціональних показників на спортивний результат (величина МСК, ЧСС, рівень працездатності);
- вплив умов тренувального процесу на спортивний результат (порівняння результатів у змагальній вправі двох груп спортсменів, що тренуються за по різними методиками, в різних умовах);
- перевірка надійності й інформативності тестів (між тестовим завданням і спортивним результатом повинен бути тісний кореляційний зв'язок).

**Кореляційний аналіз** – це статистичний метод, що дозволяє визначити зв'язок між парою ознак. Метою кореляційного аналізу є встановлення наявності і характеру взаємозв'язку між окремими ознаками.

Кореляція дозволяє знаходити статистично достовірні кількісні зміни у зв'язках у тих випадках, коли будь-якому фактору відповідає декілька значень іншого фактору. **Фактори, що корелюють, поділяються на причинні, тобто ті, які змінюючись першими викликають зміну інших факторів, та наслідкові, тобто ті, які змінюються під впливом причинних факторів.**

Розрізняють кореляції декількох напрямів:

- **пряма позитивна кореляція** – збільшення причинного фактору викликає збільшення наслідкового (сила м'язів ніг – спортивний результат у стрибках у висоту);
- **пряма негативна кореляція** – зменшення причинного фактору викликає зменшення наслідкового (навантаження – частота серцевих скорочень);
- **обернена позитивна кореляція** – зменшення причинного фактору викликає збільшення наслідкового (зменшення довжини дистанції призводить до збільшення швидкості бігу);
- **обернена негативна кореляція** – збільшення причинного фактору викликає зменшення наслідкового фактору (збільшення сили м'язів погіршує швидкість бігу).

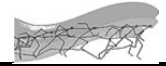
Отже, **існує два види кореляції: пряма (позитивна) і зворотна (негативна).**

**Пряма (позитивна) кореляція** відображає такий взаємозв'язок між ознаками, при якому зі збільшенням першої ознаки друга теж збільшується.

**Зворотна (негативна) кореляція** відображає такий взаємозв'язок між ознаками, в якій зі збільшенням першої ознаки друга зменшується.

Існує **три способи вираження кореляції**: кореляційний графік, кореляційне поле та коефіцієнт кореляції.

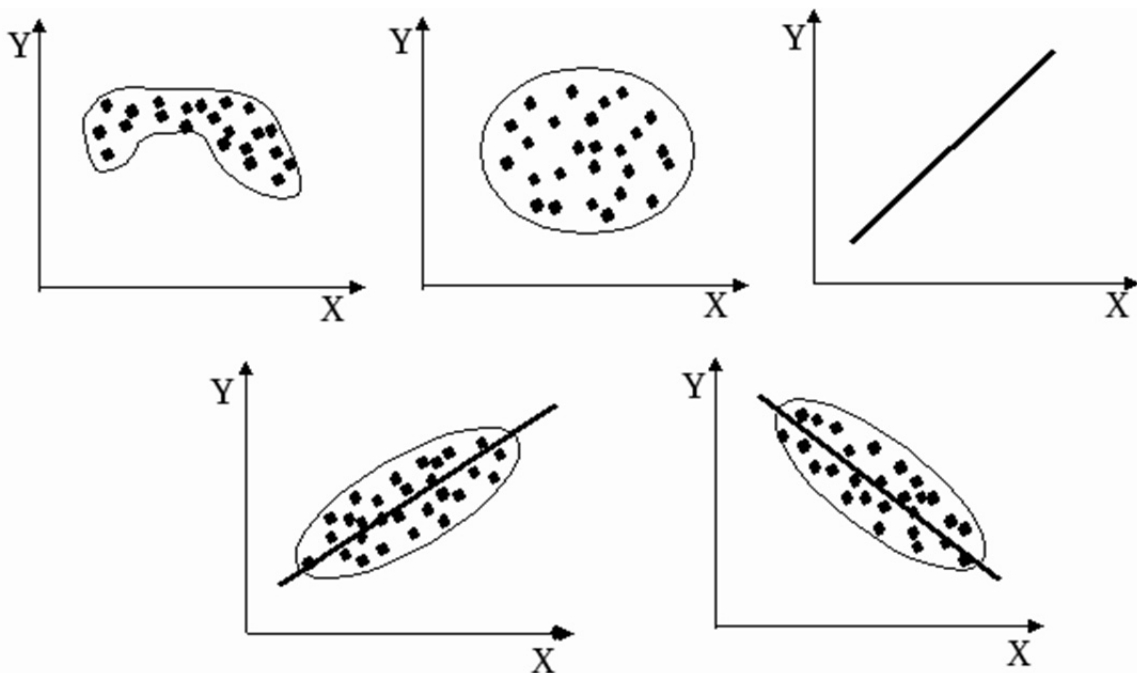
**Кореляційний графік** призначений для наочного відображення чисельних даних. За графіком можна визначити наявність або відсутність зв'язку між ознаками.



**Кореляційне поле** – це простий спосіб віддзеркалення кореляції; поле виражає зміну однієї ознаки залежно від іншої. Для побудови кореляційного поля на системі координат (або в таблиці) по одній осі координат відкладають значення першої ознаки, а по другій – значення другої. Наведемо такі характеристики кореляційного поля:

- якщо точки розсіяні по полю хаотично, безсистемно, то кореляція відсутня;
- якщо крива, яка умовно поєднує всі точки на полі, має витягнуту форму, тобто наближається до прямої, то кореляція існує; за напрямком прямої можна визначити вид кореляції (пряма чи зворотна).

На рисунку 5 представлено схематичне зображення кореляційного поля різних видів взаємозв'язку.

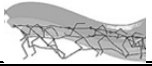


**Рисунок 5. Геометрична інтерпретація кореляційного взаємозв'язку (з ліва на право, зверху-вниз: 1-нелінійна кореляція; 2-кореляція відсутня; 3-повна кореляція; 4-позитивна лінійна кореляція; 5-негативна лінійна кореляція)**

Для відображення прямолінійного кореляційного зв'язку між двома ознаками  $x_i$  та  $y_i$ , що виражені в абсолютних одиницях, використовують **парний коефіцієнт кореляції Браве-Пірсона**, який визначається за формулою:

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^{i=k} (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{i=k} (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^{i=k} (y_i - \bar{y})^2}}$$

Коефіцієнт кореляції лежить у межах  $-1 \leq r_{xy} \leq 1$ .



- 1) Якщо  $r_{xy} = 0$ , то зв'язок між ознаками  $X$  і  $Y$  відсутній.
- 2) Якщо  $r_{xy} = \pm 1$ , то зв'язок між ознаками дуже тісний.
- 3) Прийнято вважати, що  
 $r_{xy} = 0,20 \dots 0,49$  представляє слабкий зв'язок,  
 $r_{xy} = 0,50 \dots 0,69$  представляє середній зв'язок,  
 $r_{xy} = 0,70 \dots 0,99$  представляє тісний зв'язок.
- 4) Знак коефіцієнта кореляції відображає напрям зв'язку – позитивний або негативний.

**Хід графічно-розрахункової роботи:**

1. Визначити значення абсолютної сили групи обстежуваних за допомогою методу динамометрії ( $x_i$ ).
2. Розрахувати значення відносної сили ( $y_i$ ) кожного обстежуваного за формулою:

$$\text{відносна сила} = \frac{\text{абсолютна сила}}{\text{маса тіла}} \cdot 100\%$$

3. Побудувати розрахункову таблицю та почергово занести до неї отримані значення абсолютної ( $x_i$ ) та відносної ( $y_i$ ) сили.

**Таблиця 2**

**Розрахункова таблиця для проведення кореляційного аналізу**

№	$x_i$	$y_i$	$x_i^2$	$y_i^2$	$x_i \cdot y_i$
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
$\Sigma$					

4. За результатами абсолютної та відносної сили групи досліджуваних побудувати кореляційне поле та спрогнозувати можливий рівень та напрямок кореляційного взаємозв'язку.
5. Визначити значення всіх показників розрахункової таблиці та їх суму за кожним стовпцем окремо.
6. За формулою для практичних розрахунків визначити значення коефіцієнту кореляції:

$$r = \frac{n \sum x_i y_i - (\sum x_i)(\sum y_i)}{\sqrt{[n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2][n \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2]}}$$

7. Зробити статистичний та педагогічний висновок.



**Практичне завдання.** Визначне чи існує зв'язок між результатами бігу на 30 та 100 м за наступними результатами тестування:

№ з/п	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Біг 30 м, с ( $x_i$ )	4,6	4,6	4,7	4,8	4,8	4,8	4,9	4,9	4,9	5,0
Біг 100 с, с ( $y_i$ )	12,4	12,7	13,0	13,3	13,1	13,1	13,2	13,5	13,6	13,7

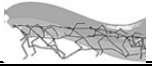
Зробіть статистичний та педагогічний висновок.

### Контрольні питання

1. Що розуміють під поняттями “генеральна сукупність”, “вибірка”?
2. Дайте визначення варіаційного ряду, основні характеристики положення варіаційного ряду (середнє арифметичне, медіана, мода).
3. Розкрийте сутність показники розсіювання варіаційного ряду (дисперсія, стандартне відхилення, коефіцієнт варіації).
4. В чому різниця параметричних методів порівняння вибірок – критеріїв Фішера та Стьюдента?
5. Охарактеризуйте поняття “кореляція”? Які види кореляційного зв'язку існують?
6. Що таке коефіцієнт кореляції? Як він визначається?
7. Як визначити взаємозв'язок результатів вимірювань у спортивній діяльності?
8. Що таке кореляційне поле? Як охарактеризувати рівень кореляційного взаємозв'язку з використанням кореляційного поля?

### Тестові завдання для самоконтролю знань

1. Рівень взаємозв'язку між двома незалежними показниками визначається за допомогою:
  - а) коефіцієнта кореляції;
  - б) факторного аналізу;
  - в) визначення рівня статистичної значущості;
  - г) розрахунку середнього арифметичного значення.
2. Генеральна сукупність - це:
  - а) значення множини вимірювань, що зустрічається найчастіше;
  - б) репрезентативність вибірки досліджуваних показників;
  - в) сукупність об'єктів, об'єднаних однією ознакою;
  - г) характеристика розсіяння варіаційного ряду.
3. Рівень статистичної значущості отриманих результатів визначається за:
  - а) критерієм Стьюдента;
  - б) критерієм Браує-Пірсона;
  - в) критерієм Вілкоксона;
  - г) середнім квадратичним відхиленням.



**4. Що характеризує стандартне квадратичне відхилення?**

- а) відносну варіативність ознаки;
- б) середню властивість ознаки;
- в) середню варіабельність ознаки;
- г) закономірні коливання середньої величини.

**5. t-критерій Стьюдента визначається з метою ...**

- а) визначення кількісної міри зв'язку;
- б) визначення якісного зв'язку;
- в) визначення відмінностей дисперсій;
- г) визначення достовірності відмінностей між середніми значеннями.

**6. Кореляційний аналіз застосовується з метою ...**

- а) визначення кількісної міри зв'язку;
- б) визначення якісного зв'язку;
- в) визначення відмінностей дисперсій;
- г) визначення достовірності відмінностей між середніми значеннями.

**7. Критерій F-Фішера застосовується для ...**

- а) визначення кількісної міри зв'язку;
- б) визначення якісного зв'язку;
- в) визначення відмінностей дисперсій;
- г) визначення достовірності відмінностей між середніми значеннями.

**8. Який найвищий рівень значущості відмінностей або зв'язку?**

- а)  $p < 0,01$
- б)  $p < 0,001$
- в)  $p < 0,05$
- г)  $p > 0,05$

**9. Кореляційний зв'язок може бути:**

- а) прямим та обернено позитивним, прямим та обернено негативним;
- б) прямим та зворотнім;
- в) прямим відповідним та оберненим відповідним;
- г) відповідним та невідповідним.

**10. Встановіть відповідність між наведеними поняттями:**

1	Кореляція	А	Порівняння рівновеликих вибірок
2	Критерій Стьюдента	Б	Взаємозв'язок
3	Критерій Фішера	В	Значення генеральної сукупності
4	Варіанта	Г	Порівняння різновеликих вибірок



## ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 1.3

### ТЕОРІЯ ТЕСТІВ

#### РОЗРАХУНКОВА РОБОТА: МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ ТЕСТІВ

##### *План практичного заняття*

1. Види тестів та їх характеристика.
2. Критеріальні вимоги до тестів: інформативність, надійність, стабільність, узгодженість, еквівалентність, стандартність, придатність тестів.
3. Методика визначення надійності тестів.

##### *Рекомендована література*

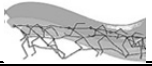
1. Аванесов В.С. Тесты в социологическом исследовании. – М., 1982. – 186 с.
2. Годик М. А. Спортивная метрология : учеб. для ин-тов физ. культуры / М. А. Годик. – М. : Физкультура и спорт, 1988. – 19 с.
3. Зациорский В.М. Задачи по спортивной метрологии. Надежность тестов / В.М. Зациорский, З.М. Баранова, Б.А. Суслаков. – М., 1980. – 29 с.
4. Карпман В.Л. и др. Тестирование в спортивной медицине. – М.: ФиС, 1988. – 208 с.
5. Клименко А.П. Практика тестирования. – М.: Физкультура и спорт, 1991. – 214 с.
6. Коренберг В.Б. Спортивная метрология / учебник / В.Б. Коренберг. – М.: Физическая культура, 2008. – 368 с.
7. Сергієнко Л.П. Спортивна метрологія: теорія і практичні аспекти: [підручник] / Л.П. Сергієнко. – К.: КНТ, 2010. – 776 с.

##### *Методичні рекомендації до практичного заняття*

**Тест** (від англ. *test* – спроба, випробування) – це завдання стандартної форми, за яким проводиться випробування для визначення актуальних або потенціальних властивостей, здібностей людини. **Основні поняття і вимоги до тестів:**

- визначена мета проведення тесту;
- достатня інформативність та висока надійність;
- значна стандартність, що дозволяє порівнювати результати тестування різних людей;
- наявність системи оцінки результатів тестів;
- відповідна придатність – визначеність тесту контингенту тестованих, наявність певних умов, сучасних вимог до засобів та методів вимірювань.

Тести, в основі яких покладене виконання рухового завдання, називаються **руховими або моторними**. Тести, які дозволяють визначити психологічні особливості людини, називають **психологічними**, а рухову



діяльність, пов'язану з певним психологічним розвитком, – **психомоторними**. Тести, які визначають певну функціональну діяльність систем та органів людини, називають **фізіологічними**.

Процедуру виконання тесту називають **тестуванням**. Ефективне застосування тестування залежить від різних факторів:

- рівня теоретичної розробки тестового комплексу;
- ступеня практичного оволодіння методикою проведення тестів вчителями фізичної культури або тренерами з видів спорту;
- наявності матеріальної бази і відповідного обладнання для проведення тестів.

На сьогодні відсутня єдина класифікація рухових тестів, оскільки окремий тест не може дати повної характеристики певної рухової якості. Він, як правило, дає характеристику декільком взаємообумовленим ознакам, хоч і призначений визначити переважний розвиток однієї з них. У таблиці 3 представлена класифікація рухових тестів за Заціорським В.М.

Таблиця 3

**Різновиди рухових тестів  
(за Заціорським В.М., 1979)**

Тест	Завдання	Результат тесту	Приклад
Контрольні вправи	Показати максимальний результат	Рухове досягнення	Біг 1000 м, оцінюється результат бігу
Стандартні функціональні проби	Однаково для всіх дозують: а) за величиною виконаної роботи; б) за величиною фізіологічних зрушень.	Фізіологічно або біохімічні показники при стандартній роботі. Рухові показники при стандартній величині фізіологічних зрушень.	Реєстрація частоти серцевих скорочень при стандартній роботі 1000 кгм·хв <sup>-1</sup> . Швидкість бігу при пульсі 160 уд·хв <sup>-1</sup> , проба РВС 170.
Максимальні функціональні проби	Показати максимальний результат.	Фізіологічні або біохімічні показники.	Визначення максимального кисневого боргу або максимального споживання кисню.

Залежно від переважного визначення окремих факторів тести **для спортсменів** можна класифікувати наступним чином:

- тести для вивчення ступеня розвитку рухових здібностей;
- тести для визначення технічної і тактичної підготовленості;
- тести для вимірювання рухової працездатності;
- тести для визначення психічних і вольових якостей;
- тести для визначення функціональних показників;
- антропометричні вимірювання для визначення залежності між будовою тіла і спортивними результатами.



Залежно від спрямованості рухової підготовленості спортсменів можна виділити комплекс тестів для визначення *загальної фізичної та спеціальної фізичної підготовленості*. Відповідно до особливостей контингенту досліджуваних виділяють тести *для дітей, дорослих, чоловіків і жінок*.

Спираючись на завдання, що ставляться перед тестуванням, виділяють комплекси тестів для визначення здібностей до певної спортивної діяльності (спортивний відбір або орієнтація у виді спорту) або виявлення готовності до участі у змаганнях.

В цілому, всі типи та різновиди тестів за Коренбергом В.Б. (2008) можуть бути представлені у наступній схемі (рис. 6).

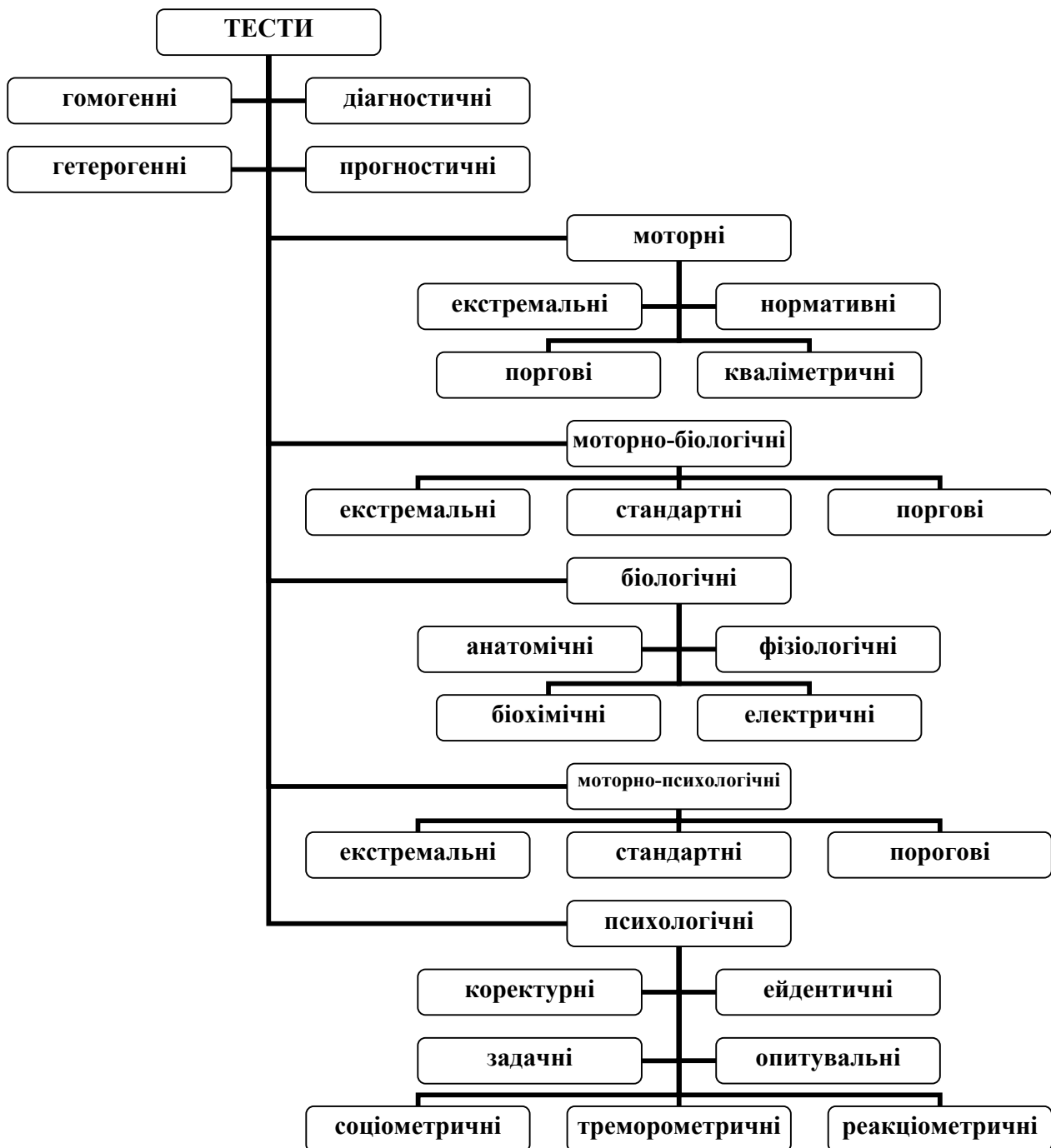


Рисунок 6. Класифікація тестів (за трьома рівнями)





Відповідно за першим варіантом поділу виділяють **гомогенні тести**, результати застосування якого суттєво залежать лише від одного фактору, та **гетерогенний тест**, результати його застосування суттєво залежать від 2 і більше факторів. Тести, результати яких залежать від двох і більше чинників, називаються **гетерогенними**. Таких тестів значна більшість на відміну від **гомогенних** тестів, результат яких залежить переважно від одного чинника.

За другим варіантом поділу розрізняють **діагностичний тест**, результати якого дозволяють визначити оперативний стан об'єкту, не враховуючи прогнозування його розвитку, та **прогностичний тест**, за даними якого можна будувати прогноз розвитку об'єкта тестування.

Третій варіант поділу містить п'ять складових. До **моторних тестів** відносять:

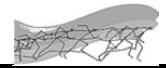
- **екстремальні тести**, застосування яких вимагає граничних зусиль, роботи “до відмови”;
- **нормативні тести**, якими перевіряється лише здатність випробуваного показати нормативний результат;
- **порогові тести**, які дозволяють сенсорно визначити або під час виконання руху позначити мінімальні параметри рухової активності, що розрізняє випробуваний;
- **кваліметричні тести**, що не пов'язані з дійсним вимірюванням, їх застосуванням визначають якісні характеристики, представляючи їх у формі кількісних показників за допомогою кваліметричних процедур

До наступної групи належать **моторно-біологічні тести**, які представлені трьома складовими:

- **екстремальні тести** засновані на визначенні біологічних зрушень відносно індивідуальної норми у відносному спокої, що є наслідком деякого граничного навантаження або повного спокою;
- **стандартні тести** передбачають виконання випробуванним суворо визначеного моторного навантаження з фіксуванням фізіологічних або біохімічних зрушень;
- **пороговими тестами** визначається порогові значення моторних проявів, що викликають мінімальні біологічні зрушення.

**Біологічні тести**, за класифікаційним розподілом Коренберга В.Б., представлені чотирма групами:

- **анатомічні тести** розглядаються як способи визначення параметрів тіла людини та його складу;
- за допомогою **фізіологічних тестів** визначають індивідуальні рівні та особливості функціонування органів, систем та тканин тіла, загальну працездатність та коливання його функціонального стану;
- **біохімічні тести** дозволяють визначити значення біохімічних характеристик організму, що вказують на його стан;
- **електричні тести** призначені для визначення електричних потенціалів скелетних м'язів, серця, мозку, судин, рефлексогенних точок, а також для вимірювання електричного опору різних сегментів тіла.



**Моторно-психологічні тести**, як і моторно-біологічні, представлені трьома видами:

- **екстремальні тести** визначають психологічні зрушення у відповідь на екстремальну (гранично високу або гранично низьку) рухову активність;
- при виконанні **стандартних тестів** фіксуються психологічні зрушення у відповідь на стандартне навантаження;
- **пороговими тестами** визначаються мінімальні рухові прояви, що викликають зміни психологічних показників.

Класифікаційно **психологічні тести** розділені на сім груп:

- **коректурні тести** відносять до табличних, коли в запропонованому тексті або системі символів робляться відповідні поправки;
- **ейдетичні тести** засновані на виникненні та відображенні образів, які побічно характеризують стан, мотивацію або певні установки випробуваного;
- виконання **задачних тестів** передбачає вирішення задав у встановлений час;
- **опитувальні тести** складають із питань, на які необхідно давати оцінювані відповіді;
- **соціометричні тести** визначають “психологічний клімат” у групі позиції її членів та зв’язки між ними;
- **тремометричними тестами** визначають стан людини за частотою та амплітудою тремору, частіше кінцівок під час опорних реакцій при збереженні стійкості тіла;
- **реакціометричні тести** застосовують для визначення швидкості простих та складних реакцій на різного роду подразники.

Як було зазначено вище, кожний тест має відповідати встановленим метрологічним вимогам. На рисунку 7 представлені критеріальні характеристики тестів.

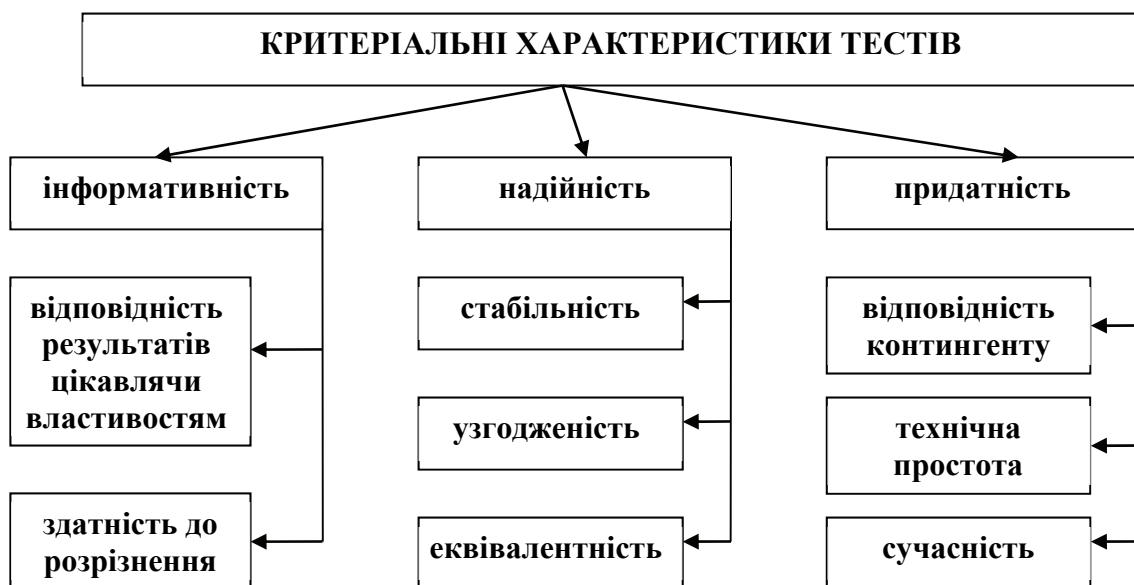
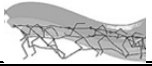


Рисунок 7. Критеріальні характеристики тестів



**Інформативність тесту** (лат. *informatio* – пояснення, виклад) – це об’єктивна міра відображення рівня розвитку цікавого для нас явища (рухової здібності, рівня технічної підготовленості, біомеханічної характеристики, тощо) у результаті застосування контрольної вправи. Інформативність інколи називають терміном “валідність” (від англ. *validity* – обґрунтованість, дієвість). Отже, **валідність** тесту можна розглядати як узагальнену міру достовірності усього процесу тестування. Наприклад, тест PWC<sub>170</sub> є інформативним при оцінці підготовленості стаєрів і значно менш інформативний у швидкісно-силових видах спорту.

Інформативність показує, чи дійсно цей тест вимірює те, що потрібно виміряти, а не те, що може бути супутнім вимірюваному. Інформативність тесту визначається за математичною залежністю між тестом і порівнювальним критерієм, а саме за допомогою коефіцієнта кореляції ( $r$ ). Математичне значення кореляції виражається її коефіцієнтом від -1 (максимальний від’ємний зв’язок) до +1 (максимальний позитивний зв’язок). Кількісну міру зв’язку прийнято розрізняти за рівнями:

- $r$  до 0,3 – слабкий взаємозв’язок;
- $r=0,31-0,69$  – середній;
- $r=0,7-0,99$  – сильний.

**Існує два методи визначення інформативності: логічний (змістовний) та емпіричний.**

**Логічний метод визначення інформативності тестів** полягає у логічному (якісному) зіставленні біомеханічних, фізіологічних, психологічних та інших характеристик критерію і тестів.

В циклічних видах спорту логічна інформативність може бути перевірена експериментально. Найчастіше логічний метод визначення інформативності використовується у видах спорту, де немає чіткого кількісного критерію. Наприклад, у спортивних іграх логічний аналіз фрагментів гри дозволяє спочатку сконструювати специфічний тест, а потім перевірити його інформативність.

**Емпіричний метод визначення інформативності тестів за наявності одиничного вимірюваного критерію** полягає в тому, що використання логічного аналізу для попередньої оцінки інформативності тестів дозволяє відсіяти явно неінформативні тести, структура яких мало відповідає структурі основної діяльності спортсменів або фізкультурників. Решта тестів, змістовна інформативність яких визнана високою, повинна пройти додаткову емпіричну перевірку. Для цього результати тесту зіставляють із відповідними критеріями. У ролі останнього в більшості випадків використовують:

- результат у змагальній вправі;
- найбільш значущі елементи змагальних вправ;
- результати тестів, інформативність яких для спортсменів цієї кваліфікації була встановлена раніше;
- суму очок, набрану спортсменом при виконанні комплексу тестів;
- кваліфікацію спортсменів.



**Надійністю тестів** називають ступінь співпадання результатів при повторному тестуванні одних і тих самих осіб в однакових умовах. Це означає, що повторне тестування теоретично має давати ідентичні результати при:

- багаторазовому тестуванні одним і тим самим вчителем (тренером) одних і тих самих учнів;
- проведенні тестування різними вчителями в одній і тій самій групі.

**Шляхи підвищення надійності тестів:**

- забезпечення чіткої стандартизації тестування;
- збільшення кількості спроб;
- збільшення числа осіб, які проводять тестування;
- збільшення кількості еквівалентних тестів;
- забезпечення мотивації спортсмена на максимальний результат при тестуванні.

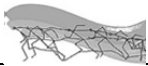
Ступінь надійності (відтворюваності) тесту перевіряється у тих випадках, коли результати тестування можна виразити у певних одиницях вимірювання. **Є два способи встановлення надійності тестів.** Перший спосіб полягає в порівнянні середніх помилок середніх арифметичних величин, отриманих декількома вчителями (тренерами) для однієї групи (класу) учнів або одним дослідником – для декількох аналогічних груп. Якщо коливання двох або більше середніх арифметичних величин мають зони співпадання, то ступінь надійності тесту вважається достатнім. Другий спосіб передбачає визначення надійності тесту за допомогою коефіцієнта кореляції. Розраховується **коефіцієнт надійності** ( $r_{tt}$ ) за допомогою так званого внутрішньокласового коефіцієнта кореляції між двома рядами результатів, отриманих під час першого та другого тестування групи осіб.

- $r_{tt}=0,95$  – відмінна надійність;
- $r_{tt}=0,9-0,94$  – добра;
- $r_{tt}=0,8-0,89$  – припустима;
- $r_{tt}=0,7-0,79$  – погана;
- $r_{tt}=0,6-0,69$  – використання тесту для індивідуальних оцінок сумнівне, він придатний лише для характеристики рухових здібностей групи осіб.

На практиці розглядають три різновиди надійності тестів: **стабільність, узгодженість та еквівалентність.**

Під **стабільністю тесту** розуміють ступінь співпадання результатів тестування, що проведені його в різний час. Повторне тестування звичайно називають **ретестом**. Висока стабільність тесту свідчить про збереження набутих в результаті тренувань показників техніко-тактичної майстерності, рухових, психічних якостей тощо. В ідеалі один і той же тест, застосований до тих самих спортсменів в однакових умовах, повинен давати однакові результати. Проте результати тестування змінюються від спроби до спроби навіть при чіткій стандартизації і при використанні точної апаратури.

**Узгодженість тесту** – це надійність оцінки результатів тестування незалежно від особистих якостей, різних людей, які його проводять. При



співпаданні результатів тестування, отриманих у групі одних і тих самих спортсменів різними тренерами, говорить про високий ступінь узгодженості тесту, відсутність якої може залежати від суб'єктивних факторів осіб, які проводять тестування:

- різних психофізіологічних особливостей експерта;
- неоднакової вимогливості під час тестування до спортсменів – деякі тренери успішно застосовують моральні засоби заохочення, викликають інтерес, краще мотивують рухову діяльність тестованого.

**Узгодженість тесту – це, по суті, надійність оцінки його різними людьми.** Під час перевірки тесту на узгодженість розробляється уніфікована методика його проведення, а потім два чи більше спеціалістів по черзі в стандартних умовах за наявності того ж контингенту досліджуваних проводять експеримент.

У випадку використання декількох схожих тестів (для визначення рівня розвитку певної якості) говорять про їх **еквівалентність**. Тобто еквівалентні тести є майже рівноцінними в практиці тестування певної рухової якості. Кількісно еквівалентність тестів визначається за коефіцієнтом кореляції, який називається коефіцієнтом еквівалентності.

**Використання еквівалентних тестів підвищує надійність оцінки розвитку рухових якостей людини.** Якщо всі тести, що входять в запропонований комплекс, високо еквівалентні, то він називається **гомогенним**, а якщо тести вимірюють різні сторони моторики, то комплекс складається з нееквівалентних тестів і називається **гетерогенним**.

**Придатність тестів** повинна відповідати трьом критеріям:

- **відповідність контингенту** полягає в тому, що тестове завдання повинно бути адекватним для обраного контингенту, якщо воно вимагає спортивно-технічних умінь, то за своєю суттю повинно відповідати звичній руховій активності;
- **технічна простота** рухових тестів відбивається у координаційній легкості виконання з метою концентрації уваги на досягненні найвищого результату, не відволікаючись на подолання координаційних труднощів;
- **сучасність** реалізується через призму закономірностей розвитку обраного виду спорту, неможливості використання старих вправ, старого типу інвентарю.

### **Хід розрахункової роботи**

**Мета роботи:** навчитися визначати надійність тесту за допомогою розрахунку коефіцієнта надійності.

1. Провести тестове випробування (динамометрію сили м'язів основної руки шести спортсменів (виконати по 3 спроби) і результати тестування занести в таблицю 4.
2. Вирахувати суму результатів у 3-х спробах кожного спортсмена і занести в 5-й стовпець



$$N_i = \sum_{j=1}^{n=3} X_{ij},$$

де  $X_{ij}$  – це результат і-го спортсмена в j-й спробі ( $X_{11}, X_{12}, X_{13}, X_{21}, X_{22}, X_{23}$  і т.д.).

Наприклад, щоб вирахувати  $N_1$  – суму показників 1-го спортсмена потрібно додати результати його тестування у 3-х спробах ( $N_1 = X_{11} + X_{12} + X_{13}$ ).

4. Вирахувати квадрати значень з попереднього стовпця і занести у 8-й стовпець.

5. Записати суми результатів 6-ти спортсменів у кожній зі спроб в рядок  $M_j$

$$M_j = \sum_{i=1}^{m=6} X_{ij},$$

де  $X_{ij}$  – це результат і-го спортсмена в j-й спробі ( $X_{11}, X_{21}, X_{31}, X_{41}, X_{51}, X_{61}, X_{12}, X_{22}, X_{32}$  і т.д.).

Наприклад, щоб вирахувати  $M_1$  – суму показників 6-ти спортсменів – потрібно додати результати їх тестування в 1-й спробі ( $M_1 = X_{11} + X_{21} + X_{31} + X_{41} + X_{51} + X_{61}$ ).

6. В наступному рядку ( $M_j^2$ ) записати квадрати значень з попереднього рядка.

7. Вирахувати суму всіх результатів тестування (G):

$$G = \sum_{i=1}^{m=6} \sum_{j=1}^{n=3} X_{ij} = X_{11} + X_{12} + X_{13} + X_{21} + X_{22} + \dots + X_{62} + X_{63}.$$

Суму всіх результатів тесту можна вирахувати як суму 6-ти значень в стовпці  $N_i$  або як суму 3-х значень в рядку  $M_j$ . Отримані числа мають співпадати, в протилежному випадку допущена помилка.

(для перевірки  $G = \sum_{i=1}^{m=6} N_i = \sum_{j=1}^{n=3} M_j$ ).

8. Вирахувати квадрат суми всіх результатів тесту і записати його в правій нижній клітинці розрахункової таблиці.

$$S = \left( \sum_{i=1}^{m=6} \sum_{j=1}^{n=3} X_{ij} \right)^2.$$

9. Вирахувати суму 6-ти значень  $N_i^2$ :

$$N = \sum_{i=1}^{m=6} N_i^2.$$

10. Вирахувати суму 3-х значень  $M_j^2$ :

$$M = \sum_{j=1}^{n=3} M_j^2.$$

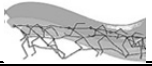
11. Вирахувати суму квадратів значень всіх вимірів:

$$G^2 = \sum_{i=1}^{m=6} \sum_{j=1}^{n=3} X_{ij}^2 = X_{11}^2 + X_{12}^2 + \dots + X_{63}^2.$$

12. Визначити значення коригуючого фактору:

$$C = \frac{S}{n \cdot m}.$$

13. Визначити повну суму квадратів відхилень від середнього значення



(загальну варіацію), суму квадратів відхилень для спортсменів (внутрішньогрупову варіацію) та суму квадратів відхилень для спроб (міжгрупову варіацію). Отримані значення занести до таблиці 5.

$$Q_{\text{заг}} = G^2 - C.; \quad Q_{\text{вн}} = \frac{N}{n} - C.; \quad Q_{\text{між}} = \frac{M}{m} - C.$$

14.Визначити залишкову та спільну варіацію:

$$Q_{\text{зал}} = Q_{\text{заг}} - Q_{\text{вн}} - Q_{\text{між}}.; \quad Q_{\text{сп}} = Q_{\text{вн}} + Q_{\text{зал}}.$$

15.Вирахувати значення внутрішньої групової, міжгрупової та спільної дисперсії:

$$D_{\text{вн}} = \frac{Q_{\text{вн}}}{m-1}, \quad D_{\text{між}} = \frac{Q_{\text{між}}}{n-1}, \quad D_{\text{сп}} = \frac{Q_{\text{сп}}}{m \cdot (n-1)}.$$

16.Визначити внутрішньокласовий коефіцієнт кореляції за формулою:

$$\eta = \frac{D_{\text{вн}} - D_{\text{сп}}}{D_{\text{вн}} - \left(1 - \frac{m}{n}\right) \cdot D_{\text{сп}}}$$

де  $n$  – число вимірювань, для якого проводиться оцінка надійності тесту;  
 $m$  – число вимірювань (спроб), для яких виконаний дисперсійний аналіз.

17.За значенням внутрішньокласового коефіцієнта кореляції оцінити надійність тесту.

**Розрахункові таблиці для визначення надійності тестів**

**Таблиця 4**

Спортсмени, <b>i</b>	СПРОБИ, <b>j</b>			$N_i = \sum_{j=1}^{n=3} X_{ij},$	$N_i^2$
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>		
1	2	3	4	5	6
1	$X_{11} =$	$X_{12} =$	$X_{13} =$	$N_{1} =$	$N_{1}^2 =$
2	$X_{21} =$	$X_{22} =$	$X_{23} =$	$N_{2} =$	$N_{2}^2 =$
3	$X_{31} =$	$X_{32} =$	$X_{33} =$	$N_{3} =$	$N_{3}^2 =$
4	$X_{41} =$	$X_{42} =$	$X_{43} =$	$N_{4} =$	$N_{4}^2 =$
5	$X_{51} =$	$X_{52} =$	$X_{53} =$	$N_{5} =$	$N_{5}^2 =$
6	$X_{61} =$	$X_{62} =$	$X_{63} =$	$N_{6} =$	$N_{6}^2 =$
$M_j = \sum_{i=1}^{m=6} X_{ij}$	$M_1 =$	$M_2 =$	$M_3 =$	$G =$	$N =$
$M_j^2$	$M_1^2 =$	$M_2^2 =$	$M_3^2 =$	$M =$	$S =$
				$G^2 =$	$C =$



Назва варіації	Розрахункова формула варіації	Внутрішньогрупова і міжгрупова дисперсії
Загальна	$Q_{\text{заг}} = G^2 - C.$	$D_{\text{вн}} = \frac{Q_{\text{вн}}}{m-1}, \quad D_{\text{між}} = \frac{Q_{\text{між}}}{n-1},$
Внутрішньогрупова	$Q_{\text{вн}} = \frac{N}{n} - C.$	
Міжгрупова	$Q_{\text{між}} = \frac{M}{m} - C.$	Спільна дисперсію
Залишкова	$Q_{\text{зал}} = Q_{\text{заг}} - Q_{\text{вн}} - Q_{\text{між}}.$	$D_{\text{сп}} = \frac{Q_{\text{сп}}}{m \cdot (n-1)}.$
Спільна	$Q_{\text{сп}} = Q_{\text{вн}} + Q_{\text{зал}}.$	Внутрішньокласовий коефіцієнт кореляції
		$\eta = \frac{D_{\text{вн}} - D_{\text{сп}}}{D_{\text{вн}} - \left(1 - \frac{m}{n}\right) \cdot D_{\text{сп}}}$

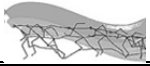
### Контрольні питання

1. Що таке тестування? Які вимоги до тестування?
2. Дайте визначення поняття “тест”. Які критеріальні вимоги до тестів?
3. Дайте характеристику логічної та емпіричної інформативності тестів?
4. В чому різниця між діагностичними та прогностичними тестами?
5. Що таке надійність тесту? Які є різновиди надійності?
6. Що таке придатність тесту, які її складові?
7. Що таке еквівалентні тести? Для чого вони використовуються?
8. Які основні типи моторних, біологічних, психологічних тестів?

### Тестові завдання для самоконтролю знань

1. Тестом у системі фізичного виховання та спорту називають:
  - а) уніфіковану міру успіху у будь-якому завданні;
  - б) завдання стандартної форми для визначення властивостей та здібностей людини;
  - в) виявлення думок експертів шляхом аналізу обстеження об’єктів.
2. Аутентичність тестів характеризується вимогами:
  - а) інформативності;
  - б) валідності;
  - в) надійності та інформативності;
  - г) стабільності та узгодженості.





**3. Що називають інформативністю в системі тестування?**

- а) співпадання результатів при повторному тестуванні одних і тих самих осіб;
- б) надійність оцінки результатів тестування;
- в) об'єктивна міра відображення рівня розвитку досліджуваної властивості;
- г) можливість використання схожих тестів.

**4. Надійність оцінки тесту різними людьми називається:**

- а) узгодженістю;
- б) валідністю;
- в) еквівалентністю;
- г) інформативністю.

**5. За яким показником визначається залежність між результатом тесту і порівнювальним критерієм?**

- а) критерієм варіації;
- б) коефіцієнтом кореляції;
- в) критерієм статистичної значущості;
- г) коефіцієнтом еквівалентності.

**6. Тести, що вимірюють різні сторони моторики людини, називають:**

- а) невідповідними;
- б) гомогенними;
- в) гетерогенними;
- г) аутентичними.

**7. До якого різновиду тестів належить біг на 100 м?**

- а) контрольна вправа;
- б) дозована функціональна проба;
- в) максимальний функціональний тест;
- г) гетерогенний тест.

**8. До якого різновиду тестів відноситься 3-хвилинний біг під метроном?**

- а) контрольна вправа;
- б) дозована функціональна проба;
- в) максимальний функціональний тест;
- г) біологічний тест.

**9. Встановіть відповідність між наведеними поняттями та твердженнями:**

- |   |                 |   |                                 |
|---|-----------------|---|---------------------------------|
| 1 | Інформативність | А | Повторне тестування             |
| 2 | Надійність      | Б | Об'єктивна міра відображення    |
| 3 | Валідність      | В | Ступінь співпадання результатів |
| 4 | Ретест          | Г | Об'єктивність, ґрунтовність     |



## ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 1.4

### ОСОБЛИВОСТІ МЕТОДОЛОГІЇ ТЕСТУВАННЯ

#### РОЗРАХУНКОВА РОБОТА: ВИЗНАЧЕННЯ БІОЛОГІЧНИХ РИТМІВ СПОРТСМЕНА

##### *План практичного заняття*

1. Особливості вибору тестів.
2. Підготовка спортсменів до тестування та умови проведення тестування.
3. Час та проведення тестування, реєстрація результатів тестування.
4. Методика визначення біологічних ритмів спортсмена.

##### *Рекомендована література*

1. Клименко А.П. Практика тестирования. – М.: Физкультура и спорт, 1991. – 213 с.
2. Сергієнко Л.П. Спортивна метрологія: теорія і практичні аспекти: [підручник] / Л.П. Сергієнко. – К.: КНТ, 2010. – 776 с.

##### *Методичні рекомендації до практичного заняття*

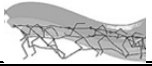
Виконання всіх вимог, що стоять перед дослідником у відношенні вибору тесту (тестових програм), є важливою умовою проведення ефективного контролю процесу вимірювання.

*При виборі тесту* необхідно враховувати те, що результат тестування не повинен залежати від “тренованості на тест”. Подібне звикання до тесту може відбутися при частому його використанні, коли результативність тесту поліпшується за рахунок удосконалення окремих рухів, з яких складається тест. Тому тест слід використовувати тільки як засіб контролю і не застосовувати його як звичайну фізичну вправу. Зрівнювання міри “тренованості” можна досягти двома шляхами:

- перед виконанням тесту досліджуваним дають декілька попередніх спроб;
- пропонується виконати тест 2-3 рази і за оцінку беруть середню арифметичну величину або медіану.

Вибір тестів має ґрунтуватися *на стійкості до супутніх факторів*. Тест повинен відображати тільки той стан людини, який викликаний дією експериментального фактору, а не факторів, що виникли непередбачено.

Тест повинен мати *достатню ємність*, тобто можливість вбирати максимум інформації, чутливо реагувати на незначні зміни стану людини. Відібраний тест повинен *бути доступним* всім особам та відповідати їх віковим, статевим особливостям, фізичним і психічним можливостям. *Тест повинен бути вимірний за об'єктивними показниками, відрізнятися простотою вимірювання, бути точними за конкретним результатом.*



При доборі тестів слід враховувати наявність спортивного інвентарю та обладнання, нормативів, які можна використати при оцінці рухових здібностей людини в даному віці.

Підготовка до процедури тестування вимагає підготовки обладнання та лабораторії і підготовки самого спортсмена. **Підготовка обладнання та лабораторії передбачає:**

- придбання вимірювальних приладів та визначення їх точності;
- перевірка приладів за один день до тестування;
- добре провітрюване приміщення, належна температура (18-23°C) та відносна вологість повітря не менше 70 %;
- стандартизована методика тестування;
- наявність протоколів реєстрації тестових процедур;
- наявність атмосфери, яка б не викликала психічної напруги;
- досвідчений експериментатор;
- наявність аптечки для надання, в разі потреби, першої медичної допомоги;
- за можливості, наявність лікаря під час виконання процедури тестування спортсменів.

**Підготовка спортсменів до тестування передбачає:**

- знайомство спортсмена з технологією тестування, що проводиться за один день до виконання тестових процедур;
- визначення стану фізичного спортсмена;
- медичне обстеження спортсмена та заповнення анкети здоров'я.

Однією з умов тестування є ретельна підготовка інвентарю та обладнання, які будуть використовуватися під час проведення тесту. **Особливо важливим є створення рівних умов виконання тесту, що передбачає:**

- однаковий спосіб виконання тесту з метою досягнення однакової результативності при виконанні тестового завдання, оскільки внесення різних варіантів деталей техніки можуть суттєво впливати на кінцевий результат тестової вправи;
- однакові умови у всіх спробах, що вирішує проблеми стандартизованості виконання тестових вправ;
- однакові умови при повторних вимірюваннях;
- ідентичні умови і точність вимірювань, що забезпечується через однакові способи визначення результатів тестування;
- подібність умов, що передбачає проведення розминки перед тестуванням з урахуванням того, що значне фізичне навантаження перед виконанням тесту може значно знизити його результативність;
- погодні умови;
- добовий час та календарний день тижня, для цього слід враховувати вплив біоритмів на результати тестування, методика визначення яких буде розглянута нижче;
- мотиваційні умови;



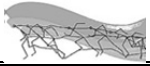
- черговість тестів за днями вимірювання з урахуванням того, що післядія від виконання попереднього тесту не повинна впливати на результат наступного тесту, з цією метою використовують наступну послідовність тестування: 1-ий день – координаційні здібності, гнучкість, швидкість, 2-ий день – силові здібності та витривалість.

При визначенні *частоти проведення тестування* слід враховувати ступінь мінливості рухової здібності під впливом зовнішнього (тренувального) та внутрішнього (генетичного) впливів. Вважається, що закономірність наступна: *чим значніша варіативність рухової здібності, тим частіше необхідно проводити тестування.*

*Тестування може проводитися у різних формах: масові, групові та індивідуальні.* Залежно від цього результати окремих тестів можуть визначатися самостійно спортсменами. Так, при масовому тестуванні всі особи одночасно виконують вправу і повідомляють тренеру або самі записують результат. При груповому тестуванні контингент ділиться на групи, кожна з яких самостійно переходить від однієї станції до іншої. Старший групи або тренер фіксує результати виконання тестів. При індивідуальному тестуванні результати реєструє тренер або вчитель.

*Реєстрація результатів тестування* передбачає фіксацію вимірювань в протокол (для групи спортсменів або класу) та індивідуальну картку (для одного спортсмена або учня). Особливості оформлення протоколу та індивідуальної картки зображені на рисунку 8.

<b>ПРОТОКОЛ</b>									
Тестування _____					Тест _____				
вид рухової здібності					назва				
Клас (вік) _____			Школа (група) _____			Дата _____			
Час: початок _____, закінчення _____									
Погодні умови _____									
Інвентар та обладнання _____									
Описання проведення тесту _____									
_____									
_____									
_____									
Прізвище, ім'я	Спроба						Кращий результат	Бал	Оцінка
	1	2	3	4	5	6			
Підпис вчителя (тренера) _____									
Прізвище, ініціали									



## Продовження рисунку 8

**ІНДИВІДУАЛЬНА КАРТКА ТЕСТУВАННЯ УЧНЯ (СПОРТСМЕНА)**

Прізвище, ім'я \_\_\_\_\_ Клас (група) \_\_\_\_\_

Школа \_\_\_\_\_ Дата тестування \_\_\_\_\_ Дата народження \_\_\_\_\_

Заняття спортом \_\_\_\_\_, розряд \_\_\_\_\_  
вид спорту**Антропометричні вимірювання**

Довжина тіла, см	Маса тіла, кг	Шкіряно-жирові складки, мм		
		тріцепса	біцепса	під лопаткою

**Фізична підготовленість**

Координація	Гнучкість	Швидкість	Сила	Витривалість
тест	тест	тест	тест	тест

Підпис вчителя (тренера) \_\_\_\_\_  
Прізвище, ініціали

**Рисунок 8. Протокол та індивідуальна картка тестування (структура може змінюватися в залежності від поставлених завдань)**

**Теоретичні відомості до розрахункової роботи**

Надійність одержання інформації про розвиток моторних функцій людини певною мірою залежить від біологічних ритмів. **Біологічні ритми** – це упорядкована в часі й передбачувана зміна біологічного процесу організму. Класифікують біоритми на макро-, мезо- та мікроритми.

Серед мезоциклів виділяють 23-денний (фізичний цикл), 28-денний (емоційний цикл), 33-денний (інтелектуальний цикл). Кожний цикл починається в день народження людини й триває протягом усього життя. Перша половина кожного циклу – позитивна фаза – починається з підйому, це період розвитку. Друга фаза – негативна – період відновлення функціональних можливостей.

**Фізичний цикл** визначає в основному індивідуальну мінливість прояву рухових здібностей людини протягом 23 днів. У позитивну фазу спостерігається підвищена фізична працездатність, менше появляється втома, спортсмен готовий показати високі індивідуальні результати. У негативну фазу спостерігається зниження працездатності, підвищена больова чутливість. **Емоційний цикл** визначає емоційну сферу людини – чутливість, настрої, поведіння в суспільстві, психологічну стійкість. **Інтелектуальний цикл** контролює індивідуальну мінливість розумових здібностей людини. У



позитивну фазу ефективніше протікають творчі процеси, підвищена увага, здібність до математичних розрахунків, вирішення завдань. У негативній фазі розумова діяльність погіршується, знижується увага, рішення простих завдань вимагає значних зусиль.

**Дні початку циклу, переходу з однієї фази в іншу, називаються критичними.** Ці дні найбільш несприятливі для спортивної діяльності і участі в процесі тестування: підвищена можливість одержання травм, знижуються здібності до навчання, спостерігається погане самопочуття, відсутність бажання тренуватися та позитивної мотивації до тестування.

**У фізичному ритмі позитивна фаза починається в 1-й день і триває до 12-го.** Дні з 2-го по 11-й – позитивна фаза з міні-критичним 7-м днем. З 13-го по 23-й день триває негативна фаза з міні-критичним 18-м днем.

**В емоційному циклі 1-й день починає позитивну фазу, що триває до 15-го, критичного дня (з міні-критичним 8-им днем).** Дні з 2-го по 14-й є позитивною фазою. Негативна фаза приходить з 16-го по 28-й день з міні-критичним днем 22-го числа.

**Позитивна фаза інтелектуального циклу починається з 1-го критичного дня і триває до 17-го, з міні-критичним 9-им днем.** Негативна фаза триває з 18-го по 33-й день (з міні-критичним 26-им днем).

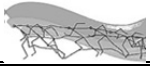
### **Хід розрахункової роботи**

**Мета роботи:** навчити студентів методиці розрахунку фізичних, емоційних та інтелектуальних мезоритмів спортсмена з метою визначення його здібності до проведення тестування.

1. Визначити дату народження спортсмена та орієнтовну дату обчислення біоритмів. Наприклад, спортсмен народився 24 травня 1980 року, дата обчислення біоритмів – 27 жовтня 2003 року. У нашому прикладі на 27 жовтня 2003 року спортсмен прожив повних 23 роки. За таблицею 6 визначаємо кількість прожитих спортсменом днів.

**Таблиця 6**

Рік	Днів в році	Днів
1	365	365
2	365	730
3	365	1095
4	365	1460
5	365	1825
6	365	2190
7	365	2555
8	365	2920
9	365	3285
10	365	3650
20	365	7300
30	365	10950
40	365	14600
50	365	18250
60	365	21900
70	365	25550
80	365	29200
90	365	32850



$$20 \cdot 365 = 7300$$

$$3 \cdot 365 = 1095$$

Таким чином, до дня тестування спортсмен прожив 8395 днів (за 23 повних роки).

2. Визначаємо скільки високосних років прожив спортсмен. В нашому прикладі це 1984, 1988, 1992, 1996 та 2000 роки. Маємо:

$$5 + 8395 = 8400$$

Таким чином, до дня тестування спортсмен прожив 8400 днів (за 23 повних роки).

3. Визначаємо кількість днів, яку прожив спортсмен від дня свого народження у 2003 році (27 травня) до дня тестування (24 жовтня), користуючись таблицею 7.

Таблиця 7

День	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень	Листопад	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень
1	1	32	60	91	121	152	182	213	244	274	305	335
2	2	33	61	92	122	153	183	214	245	275	306	336
3	3	34	62	93	123	154	184	215	246	276	307	337
4	4	35	63	94	124	155	185	216	247	277	308	338
5	5	36	64	95	125	156	186	217	248	278	309	339
6	6	37	65	96	126	157	187	218	249	279	310	340
7	7	38	66	97	127	158	188	219	250	280	311	341
8	8	39	67	98	128	159	189	220	251	281	312	342
9	9	40	68	99	129	160	190	221	252	282	313	343
10	10	41	69	100	130	161	191	222	253	283	314	344
11	11	42	70	101	131	162	192	223	254	284	315	345
12	12	43	71	102	132	163	193	224	255	285	316	346
13	13	44	72	103	133	164	194	225	256	286	317	347
14	14	45	73	104	134	165	195	226	257	287	318	348
15	15	46	74	105	135	166	196	227	258	288	319	349
16	16	47	75	106	136	167	197	228	259	289	320	350
17	17	48	76	107	137	168	198	229	260	290	321	351
18	18	49	77	108	138	169	199	230	261	291	322	352
19	19	50	78	109	139	170	200	231	262	292	323	353
20	20	51	79	110	140	171	201	232	263	293	324	354
21	21	52	80	111	141	172	202	233	264	294	325	355
22	22	53	81	112	142	173	203	234	265	295	326	356
23	23	54	82	113	143	174	204	235	266	296	327	357
24	24	55	83	114	144	175	205	236	267	297	328	358
25	25	56	84	115	145	176	206	237	268	298	329	359
26	26	57	85	116	146	177	207	238	269	299	330	360
27	27	58	86	117	147	178	208	239	270	300	331	361
28	28	59	87	118	148	179	209	240	271	301	332	362
29	29		88	119	149	180	210	241	272	302	333	363
30	30		89	120	150	181	211	242	273	303	334	364
31	31		90		151		212	243		304		365

У нашому прикладі 27 жовтня – 300-й день, 24 травня – 144-й день, отже  
 $300 - 144 = 156$

4. Визначаємо кількість днів, прожити спортсменом до дня тестування:

$$8400 + 156 = 8556 + 1 \text{ день (день тестування)} = 8557 \text{ днів}$$

5. Визначаємо фізичний біоритм:

$$8557 : 23 = 372 \text{ (залишок 1 день)}$$

6. Визначаємо емоційний біоритм:

$$8557 : 28 = 305 \text{ (залишок 17 днів)}$$

7. Визначаємо інтелектуальний біоритм:

$$8557 : 33 = 259 \text{ (залишок 10 днів)}$$

Залишок вказує на початок позитивної фази.



Висновок. Біоритмічна картина спортсмена виглядає наступним чином: фізичний цикл – 1-й день (позитивна фаза), емоційний – 17-й день (негативна фаза), інтелектуальний – 10-й день (позитивна фаза).

**Практичне завдання:** спираючись на хід роботи, розрахувати власні біологічні ритми для визначеного дня тестування і зробити відповідні висновки.

**Контрольні питання**

1. В чому полягають особливості підготовки спортсменів до тестування?
2. Якими повинні бути умови для проведення тестування спортсменів?
3. Які вимоги до часу проведення тестування?
4. Які особливості розрахунку біоритмів?
5. Яка може бути частота проведення тестування? Дайте роз'яснення на конкретних прикладах.
6. Яким чином реєструються результати тестування?





## ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 1.5

### ОСНОВИ ТЕОРІЇ ОЦІНОК

#### РОЗРАХУНКОВА РОБОТА: МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ КВАЛІМЕТРІЇ ТА ПРАКТИЧНОГО РОЗРАХУНКУ НОРМ

##### *План практичного заняття*

1. Визначення поняття “оцінка”, її види.
2. Способи перетворення результатів тестування в оцінки.
3. Типи оціночних шкал.
4. Особливості методу експертних оцінок.
5. Анкетування як метод експертизи.
6. Норми та їх види. Основні властивості норм.
7. Методика кваліметрії.
8. Методика розрахунку норм.

##### *Рекомендована література*

1. Бешелев С.Д. Экспертные оценки / С.Д. Бешелев, Ф. Г. Гурвич. – М.: Наука, 1973. – 157 с.
2. Годик М.А. Спортивная метрология. – М.: Физкультура и спорт, 1988. – 261 с.
3. Зацюрский В.М. Основы спортивной метрологии. – М.: Знание, 1979. – 189 с.
4. Смирнов Ю.Н., Повельщиков М.М. Спортивная метрология. – М.: “Академия”, 2000. – 232 с.
5. Сергієнко Л.П. Спортивна метрологія: теорія і практичні аспекти: [підручник] / Л.П. Сергієнко. – К.: КНТ, 2010. – 776 с.

##### *Методичні рекомендації до практичного заняття*

Показані спортсменами результати (зокрема, результати тестів) виражаються в різних одиницях вимірювання (час, відстань тощо) і тому безпосередньо їх не можна порівняти один з одним. Тому результати перетворюються в оцінки (очки, бали, розряди). **Завершальним етапом процедури тестування є педагогічна оцінка результатів тестових вимірювань.**

**Оцінкою (або педагогічною оцінкою)** називається уніфікована міра успіху в якому-небудь завданні, в окремому випадку – в тесті. **Процес визначення оцінок називається оцінюванням.** Він складається з таких стадій:

- підбирається шкала, за допомогою якої можливе перетворення результатів тесту в оцінки;
- відповідно до обраної шкали результати тесту перетворюються в очки

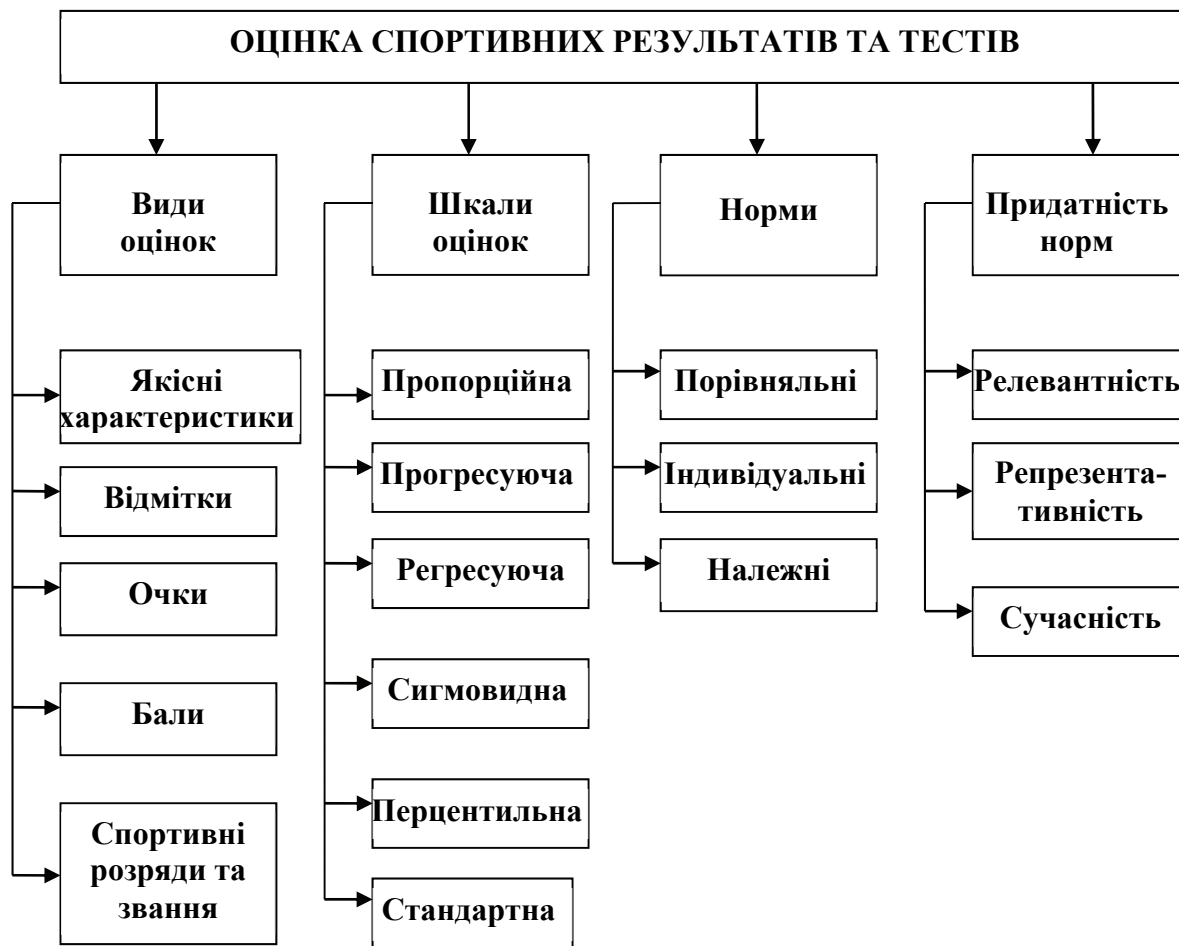


(бали);

- одержані очки порівнюються з нормами, і виводиться підсумкова оцінка. Вона і характеризує рівень підготовленості спортсмена щодо інших членів групи (команди, колективу).

**Оцінки бувають: проміжні; заключні; діагностичні; прогностичні.**

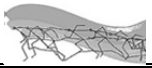
У процесі оцінювання мають місце різні види оцінок, спеціальні шкали і норми, що відповідають вимогам придатності (рис. 9).



**Рисунок 9. Основні елементи системи оцінок спортивних результатів (тестів)**

**Основні завдання оцінювання:**

1. Зіставити різні досягнення в одному і тому ж завданні (тесті, фізичній вправі, спортивній діяльності). Тому потрібно створити науково обґрунтовані норми щодо розвитку певної ознаки, рухової чи психомоторної здібності людини. Невірне складання норм, а саме заниження норм приведе, наприклад, до невірно високої аргументації кваліфікації спортсмена. Завищені ж норми стануть для багатьох недосяжними і змусять спортсменів припинити прагнути до їх виконання.
2. Порівняти досягнення при виконанні певного рухового завдання в різних людей (спортсменів). Це дасть можливість, наприклад, порівняти рівень



фізичної підготовленості спортсменів, що показали на різних змаганнях у неоднаковий час різні результати.

3. Співставити індивідуальні досягнення з модельними характеристиками рухової (психомоторної) підготовленості.

**Шкала оцінок** – закон переведення спортивних результатів у бали.

**Пропорційна шкала** передбачає нарахування однаковою кількістю балів при рівному прирості результатів (використовується в п'ятиборстві), наприклад, за кожні 0,1 с поліпшення результату в бігу на 100 м нараховується 20 очок.

**Прогресуюча шкала:** чим вищі абсолютні прирости, тим більша прибавка в оцінці. Використовуються в плаванні, важкій атлетиці. Доцільно використовувати в спорті вищих досягнень. Один кваліфікований спортсмен принесе більше балів, ніж десяток спортсменів-розрядників. Наприклад, за поліпшення часу в бігу від 15,0 с до 14,9 с додаються 10 очок, а від 10,0-9,9 с – 100 очок).

**Регресуюча шкала:** при покращенні результатів у тесті, балів нараховується все менше. Застосовується в деяких видах легкоатлетичних стрибків і метання. Наприклад, за поліпшення результату в бігу на 100 м з 15,0 с до 14,9 с додаються 20 очок, а за 0,1 с у діапазоні 10,0-9,9 с – тільки 15 очок).

**Сигмовидна шкала:** високі і низькі результати заохочуються слабо. Використовується при оцінці фізичної підготовленості різних груп населення.

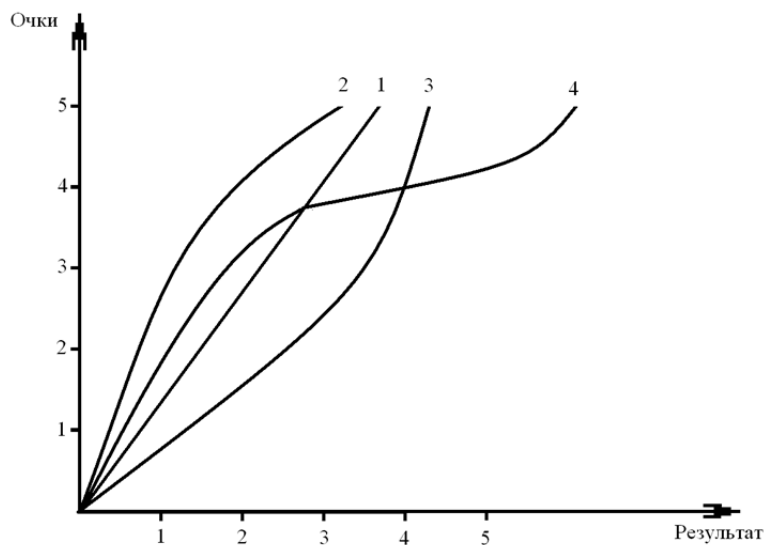


Рисунок 10. Типи оціночних шкал

(1 – пропорційна; 2 – регресуюча; 3 – прогресуюча; 4 – сигмовидна)

**Стандартна шкала:** різновид пропорційної шкали (у них використовуються стандартні середньоквадратичні відхилення). Розподіл результатів близький до нормального.

**Перцентильна шкала.** Заснована за ступенем переваги кожного спортсмена порівняно з більш слабкими учасниками змагання. Якщо, наприклад, проводиться крос із загальним стартом, спортсмену можна



нараховувати стільки очок, скільки учасників (у відсотках) він обігнав. Якщо спортсмен випередив усіх учасників (99 %), то він отримує 99 очок, якщо випередив 72 % – 72 очки і т. д. Той же принцип можна використовувати і в інших тестах: число нарахування очок прирівнюється до відсотка осіб, яких випередив (за результатом) цей учасник.

**Кваліметрія** – це сукупність статистичних методів, придатних для оцінки вихідних даних, які не можна виразити числом. Ідея кваліметричних методів полягає в тому, що вихідні дані виражаються через певні числа, з якими потім і відбуваються розрахунки. У практиці фізичного виховання і спорту часто виникають ситуації, пов'язані з роботою подібних даних. Багато з педагогічних понять, наприклад “ефективність виконання рухової вправи”, “технічно-тактична майстерність спортсмена”, “краса подання спортивних вправ” та ін., є атрибутивними поняттями. Існує два принципових підходи до оцінки атрибутивних явищ: застосування кваліметричних методів і анкетування. Завдання дослідника полягає в тому, щоб оперувати загальним об'ємом кваліметричних методів, а в конкретній досліджуваній ситуації вміти застосувати адекватний метод. Так, у фігурному катанні можна оцінити за допомогою кваліметричних методів: якість виконання композиції загалом; техніку виконання та артистизм; якість виконання окремих елементів.

**Метод експертних оцінок** (*expertus* – досвідчений) – метод, за допомогою якого вимірюються якісні сторони руху суб'єктивними оцінками фахівців-експертів. Експертною називається оцінка, яка отримана шляхом опитування думок фахівців. **Експертиза буває індивідуальна і групова.** Існує кілька видів інформації, яка використовується при роботі з експертною групою: експерт висловлює думку у вигляді відповідного числа в запропонованих межах; експерт може проранжувати учасників; експерт може розбити учасників усієї сукупності на окремі підкласи; експерт може попарно порівнювати оцінювані об'єкти. **При підборі експертів ураховуються досвід (професійна підготовка), відсутність суб'єктивізму, психологічна стійкість.**

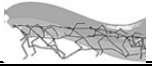
Проведення експертизи включає в себе такі етапи: формування мети експертизи; підбір експертів; вибір методики проведення опитування; обробка отриманої інформації, у тому числі перевірка узгодженості експертних оцінок.

При експертній оцінці рухової діяльності людині бажано мати однорідну групу експертів. Узгодженість розраховується за допомогою **коефіцієнта конкордації:**

$$W = \frac{12 \cdot S}{m^2 \cdot n \cdot (n^2 - 1)},$$

де  $m$  – кількість експертів;  $n$  – кількість об'єктів експертизи;  $S$  – сума квадратів відхилень сум рангів, отриманих кожним спортсменом, від середньої суми рангів.

**Анкетування** відноситься до статистичного методу, який дозволяє виявити думки багатьох людей про досліджуваний об'єкт. Метод називається статистичним, тому що дослідник набирає велику кількість відповідей: чим більше відповідей, тим достовірніше отриманий результат. При опитуванні респонденти заповнюють анкету, за результатами якої і відбувається виявлення



їх думок. **Анкетою** є опитувальний лист, в який вносять відповіді респондента на поставлені питання. Питання в анкеті повинні бути короткими, зрозумілими респонденту і мати чітке уявлення про ціль дослідження. Анкета складається з двох частин: демографічної та основної. Демографічна частина анкети має питання, які характеризують особистість респондента: ім'я, вік, стать, соціальне положення, адресу. Основна частина анкети має питання, відповіді на які дозволяють вирішити основне завдання дослідження.

**Характер питань визначає вид анкетування.**

- пряме анкетування включає такі питання, які вимагають прямих відповідей від респондента про об'єкт дослідження;
- безумовне анкетування включає питання, які припускають прями відповіді без жодних умов;
- відкрите анкетування припускає такі питання, відповіді на які не мають ніяких обмежень;
- очне анкетування – спосіб заповнення анкети респондентом у присутності дослідника. У цьому випадку досліджуваний має можливість проконсультуватися щодо запитань заповнення анкети, з'ясувати думку інших респондентів;
- заочне анкетування – спосіб заповнення анкети на розсуд респондента. Анкета відправляється поштою;
- індивідуальне анкетування – спосіб роботи респондента, коли анкета заповнюється однією особою;
- групове анкетування – спосіб роботи респондентів, коли анкета заповнюється групою осіб;
- персональне анкетування припускає заповнення анкети, коли в її демографічній частині вимагаються паспортні дані респондента;
- анонімне анкетування проводиться без запису паспортних даних, що дозволяє респонденту бути повністю щирим у відповідях на будь-які питання.

Після проведення анкетування відбувається підрахунок голосів респондентів, тобто підбивається підсумок анкетування, на базі якого визначається досліджуваний об'єкт.

Існує багато методів проведення експертизи. Найпростіший з них – **метод переваг** (ранжування). Користуючись цим методом, кожен з групи експертів розставляє оцінювані об'єкти за рангами в порядку погіршення їх якості. Найкращий об'єкт отримує перший ранг, а найгірший – останній. Після того, як всі експерти проведуть ранжування, для кожного об'єкта експертизи обчислюється сума рангів, виставлених різними експертами. Найкращим визнається той об'єкт, який набрав найменшу суму рангів. Метод переваг не дозволяє оцінити, наскільки далеко об'єкти відстоять (знаходяться) один від одного.

Більшого поширення набув **метод безпосередньої оцінки**, коли експерт розміщує кожен об'єкт у певний оцінений інтервал, а висновки роблять по сумі балів.



Часто використовують **метод повного і неповного парного порівняння**, який ґрунтується на непарному порівнянні всіх факторів, де найбільш вагомий об'єкт оцінюється одним балом, а другий об'єкт цієї пари оцінюється в нуль балів. При використанні цього методу кожен експерт заповнює спеціальну таблицю – матрицю парних порівнянь. На основі проведення розрахунків визначається ранг об'єкта (зайняте ним місце).

Одним в найбільш точних і складних методів є проведення експертизи за програмою послідовних індивідуальних опитувань ("**метод Дельфи**").

**Нормою** в спортивній метрології називається гранична величина результату тесту, на основі якої здійснюється класифікація спортсменів. **Існують офіційні (розрядні) та неофіційні норми** (їх встановлюють тренери або фахівці в області спортивного тренування для класифікації спортсменів за якими-небудь якостями (властивостями, здібностями).

**Порівняльні норми** встановлюються після порівняння досягнень людей, що належать до тієї самої сукупності. Процедура визначення порівняльних норм така:

- вибирається сукупність людей (наприклад, студенти технічних навчальних закладів);
- визначаються їх досягнення в комплексі тестів;
- визначаються середні величини і стандартні (середньоквадратичні) відхилення;
- значення  $x \pm 0,5\sigma$  приймається за середню норму, а решта градацій (низька – висока, дуже низька – дуже висока) – залежно від коефіцієнта при  $\sigma$ .

У практиці фізичного виховання дуже поширені вікові норми. Ці норми належать до порівняльних.

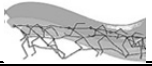
**Індивідуальні норми** засновані на порівнянні показників того самого спортсмена в різних станах. Ці норми мають винятково важливе значення для індивідуалізації тренування у всіх видах спорту. Необхідність їх визначення виникла внаслідок істотних відмінностей у структурі тренуваності спортсменів.

Майже однакові результати в змаганнях показують люди, які мають різкі відмінності за розмірами тіла, рівнем працездатності. У цих умовах орієнтуватися на порівняльні норми не можна.

Градація індивідуальних норм встановлюється за допомогою тих самих статистичних процедур. За середню норму тут можна приймати показники тестів, що відповідають середньому результату в змагальній вправі.

**Належні норми** встановлюються на підставі вимог, які пред'являють людині умови життя, професія, необхідність підготовки до захисту Батьківщини. Тому у багатьох випадках вони випереджають дійсні показники. У спортивній практиці належні норми встановлюються так:

- визначаються інформативні показники підготовленості спортсмена;
- вимірюються результати у змагальних вправах та відповідні їм досягнення в тестах;
- розраховується рівняння регресії типу  $y = kx + b$ , де  $x$  – належний результат у тесті, а  $y$  – прогнозований результат у змагальній вправі.



Належні результати в тесті і є належною нормою; її необхідно досягти, і лише тоді можна буде показати запланований результат у змаганнях.

**Вимоги до придатності норм:**

- якщо норми придатні тільки для тієї сукупності, для якої розроблені, така придатність називається **релевантністю**, а норми – релевантними;
- якщо норми встановлені при обстеженні типової вибірки досліджуваних, тобто придатні для всієї генеральної сукупності, вони називаються **репрезентативними**;
- норми повинні бути **сучасними**, тобто переглядатися один раз на 4 роки.

**Хід розрахункової роботи**

**Частина 1 (методика проведення кваліметрії)**

**Мета роботи:** навчити студентів основним поняттям кваліметрії за допомогою проведення експертної оцінки.

1. Скласти анкету для опитування експертів відповідно до досліджуваних питань та кількості опитуваних експертів.
2. Скласти розрахункову таблицю з занесенням відповідей експертів у відповідній послідовності.

**Таблиця 8**

**Розрахункова таблиця для проведення кваліметрії**

Номер експерта, m	Номер об'єкта експертизи, n							Σ
	1	2	3	4	5	6	7	
1 2								
Сума рангів (P <sub>i</sub> )	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>4</sub>	P <sub>5</sub>	P <sub>6</sub>	P <sub>7</sub>	
Відхилення від сер. суми рангів (S <sub>i</sub> )	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>4</sub>	S <sub>5</sub>	S <sub>6</sub>	S <sub>7</sub>	
Квадрат відхилення (S <sub>i</sub> <sup>2</sup> )	S <sub>1</sub> <sup>2</sup>	S <sub>2</sub> <sup>2</sup>	S <sub>3</sub> <sup>2</sup>	S <sub>4</sub> <sup>2</sup>	S <sub>5</sub> <sup>2</sup>	S <sub>6</sub> <sup>2</sup>	S <sub>7</sub> <sup>2</sup>	S

3. Розрахувати суму рангів, отриману кожним об'єктом експертизи (P<sub>i</sub>).
4. Розрахувати середнє значення суми рангів для всіх об'єктів експертизи. Можливі два способи:

за формулою 
$$P_{\text{сер}} = m \cdot \frac{n+1}{2}$$



або загальноприйнятим методом ( $\sum P_i / n$ ).

5. Розрахувати відхилення від середньої суми рангів ( $S_i$ ) за формулою:

$$P_i - P_{\text{ср}}$$

6. Розрахувати квадрат відхилення від середнього значення суми рангів ( $S_i^2$ ) та суму отриманих значень ( $S$ ).

7. Розрахувати коефіцієнт конкордації за формулою:

$$W = \frac{12S}{m^2 (n^3 - n)}$$

8. Зробити педагогічний висновок стосовно узгодженості думок експертів.

### Частина 2 (розрахунок норм)

**Мета роботи:** за допомогою стандартизованих методів математичної статистики навчити студентів визначати граничні значення та встановлювати різні норми за відповідними показниками.

#### Хід розрахункової роботи:

1. Провести відповідне тестування якості, властивості об'єкта.
2. Занести результати тестування ( $x_i$ ) у таблицю 9.

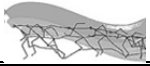
Таблиця 9

Розрахункова таблиця для визначення норм

№	Результати вимірювань, $x_i$	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
	$\Sigma$	$\Sigma$	$\Sigma$

3. Визначити середнє арифметичне за стандартною формулою.





4. Розрахувати різницю між показниками та середнім арифметичним значенням та визначити їх квадрат та суму отриманих значень.
5. Визначимо середнє квадратичне відхилення за формулою:

$$\delta = \pm \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n}}$$

6. За допомогою спеціальних значень розраховуємо нормативні рівні.
  1.  $[\bar{X} + 2\sigma]$  найвищі;
  2.  $[\bar{X} + \sigma; \bar{X} + 2\sigma]$  високі;
  3.  $[X + 0.5\sigma; X + \sigma]$  вищі середніх;
  4.  $[\bar{X} + 0.5\sigma; \bar{X} - 0.5\sigma]$  середні;
  5.  $[\bar{X} - 0.5\sigma; \bar{X} - \sigma]$  нижче середніх;
  6.  $[\bar{X} - \sigma; \bar{X} - 2\sigma]$  низькі;
  7.  $< [\bar{X} - 2\sigma]$  найнижчі.
7. За допомогою отриманих результатів дайте характеристику рівню розвитку відповідної якості, властивості об'єкта.

### Приклади розрахункових завдань

**Варіант 1.** Встановити рівень розвитку сили спортсмена за власне розробленими міжгруповими таблицями, якщо його результат у висі на зігнутих руках становить 7,92 с, а середнє арифметичне та квадратичне відхилення групи досліджуваних становить 8,31 с і 0,94 відповідно.

**Варіант 2.** За допомогою нормативних таблиць визначте який рівень прояву швидкісної витривалості має третій спортсмен, якщо результати групи спортсменів в бігу на 100 м становлять: 26,3 с; 25,1 с; 28,9 с; 22,1 с; 24,6 с; 28,9 с; 25,1 с; 24,9 с; 27,3 с; 26,4 с; 27,3 с; 26,8 с.

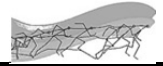
**Варіант 3.** За допомогою нормативних таблиць визначте який рівень прояву гнучкості має сьомий спортсмен, якщо результати групи спортсменів під час тестування гнучкості (нахил тулуба вперед з положення сидячи) становлять: 9 см; 10 см; 6 см; 15 см; 13 см; 5 см; 14 см; 8 см; 3 см; 8 см; 9,5 см; 13 см.

**Варіант 4.** Встановити рівень розвитку гнучкості спортсмена за власне розробленими міжгруповими таблицями, якщо його результат у нахилі вперед з положення сидячи становить 9 см, а середнє арифметичне та квадратичне відхилення групи досліджуваних становить 8,31 см і 1,03 відповідно.

**Варіант 5.** Встановити рівень розвитку спритності спортсмена за власне розробленими міжгруповими таблицями, якщо його результат з човникового бігу становить 14,09 с, а середнє арифметичне та квадратичне відхилення групи досліджуваних становить 13,62 с і 0,68 відповідно.

### Контрольні питання

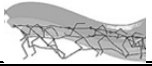
1. Що таке оцінка в спорті? Які вимоги до оцінок?
2. Що таке оцінювання в спорті? Які основні завдання оцінювання? Які етапи включає в себе процедура оцінювання спортивних результатів?



3. Що таке шкала оцінок? Які існують типи шкал? Коли їх застосовують?
4. Що таке норма? В чому полягає придатність норм?
5. Які існують типи норм?
6. Що таке кваліметрія? Які існують якісні показники?
7. Які вихідні положення лежать в основі кваліметрії?
8. Що таке експертна оцінка? Анкета? Експертиза?
9. Які вимоги ставляться до експерта?
10. Який показник характеризує ступінь узгодженості думок експертів?
11. Які існують методи проведення експертизи?

### **Тестові завдання для самоконтролю знань**

- 1. Перетворення спортивного результату в числову оцінку називається:**
  - а) репрезентативністю;
  - б) оцінюванням;
  - в) методом;
  - г) релевантністю.
- 2. Оцінкою у системі фізичного виховання та спорту називається:**
  - а) система спортивних результатів;
  - б) уніфікована міра успіху у будь-якому завданні або тесті;
  - в) характеристика виконання спортивної вправи;
  - г) ранжування результатів тестування.
- 3. Основними видами оцінок є:**
  - а) вимірювальні та результативні;
  - б) пропорційні та перцентильні;
  - в) навчальні та кваліфікаційні;
  - г) стандартні та пропорційні.
- 4. В системі фізичного виховання та спорту виділяють такі типи шкал:**
  - а) пропорційна, прогресуюча, регресуюча та сигмовидна;
  - б) стандартна та пропорційна;
  - в) перцентильна та стандартна;
  - г) Z-шкала, T-шкала, P-шкала, D-шкала.
- 5. Як називається шкала, коли нараховується однакова кількість балів за рівний приріст результатів?**
  - а) прогресуюча;
  - б) регресуюча;
  - в) пропорційна;
  - г) сигмо видна.



**6. Нормою у системі фізичного виховання називається:**

- а) найкращий результат у тестуванні;
- б) гранична величина результату тесту, за яким проводиться класифікація спортивного результату;
- в) еталонна величина виконання рухового завдання;
- г) відповідність між характеристикою показника та вимогами до них.

**7. В спортивній практиці виділяють такі види норм:**

- а) пропорційні та порівняльні;
- б) індивідуальні та загальні;
- в) порівняльні, належні та індивідуальні;
- г) загальні та специфічні.

**8. Репрезентативність норм - це:**

- а) їх застосування для генеральної сукупності, для якої вони розроблені;
- б) їх придатність для всіх осіб генеральної сукупності;
- в) їх відповідність стану розвитку фізичного виховання;
- г) всебічна характеристика генеральної сукупності.

**9. Кваліметрія - це:**

- а) наука про вимірювання у фізичному вихованні та спорті;
- б) наука про використання основних методів математичної статистики;
- в) наука про кількісну оцінку якісних показників;
- г) наука про вимірювання.

**10. Ступінь узгодженості думок експертів встановлюється за величиною:**

- а) коефіцієнтом кореляції;
- б) критерієм Стьюдента;
- в) проведення експертизи;
- г) коефіцієнта конкордації.

**11. Визначити відносну значимість об'єктів експертизи дозволяє метод:**

- а) порівняння;
- б) розподілу;
- в) ранжування;
- г) парного порівняння.

**12. За допомогою якого методу оцінюється складність технічних елементів?**

- а) методу експертних оцінок;
- б) методу анкетування;
- в) методи парного порівняння;
- г) метод ранжування.



## РОЗДІЛ 2 МЕТРОЛОГІЧНИЙ КОНТРОЛЬ ЗА ФІЗИЧНИМ СТАНОМ СПОРТСМЕНА

### ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 2.1

#### СПОРТИВНЕ ТРЕНУВАННЯ ЯК СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ. СИСТЕМА КОНТРОЛЮ У ФІЗИЧНОМУ ВИХОВАННІ ТА СПОРТІ

##### *План практичного заняття*

1. Характеристика контролю у фізичному вихованні та спорті. Види контролю у фізичному вихованні (навести схематично).
2. Стадії управління навчально-тренувальним процесом.
3. Характеристика комплексного контролю.
4. Стани спортсмена та їх особливості.
5. Самоконтроль при заняттях фізичної культурою та спортом.

##### *Рекомендована література*

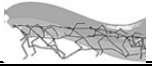
1. Годик М.А. Спортивная метрология. – М.: Физкультура и спорт, 1988. – 261 с.
2. Запорожанов В.А. Контроль в спортивной тренировке. – К.: Здоров'я, 1988. – 144 с.
3. Зотов В.П. Восстановление работоспособности в спорте. – К.: Здоров'я, 1990. – 200 с.
4. Иванов В.В. Комплексный контроль в подготовке спортсменов. – М.: Физкультура и спорт, 1987. – 256 с.

##### *Методичні рекомендації до практичного заняття*

Фізичне виховання і спортивне тренування – не стихійний, а керований процес. У кожен момент часу людина перебуває в певному фізичному стані, який визначається, головним чином, станом здоров'ям (відповідністю показників життєдіяльності нормі, ступенем стійкості організму до несприятливих раптових впливів), статурою і станом фізичних функцій.

*Під управлінням в спортивному тренуванні* слід розуміти одну з найважливіших функцій, що забезпечують підтримання оптимальної структури, реалізацію програм і цілей системи спортивного тренування. *Основою для управління процесом спортивного тренування служать різноманітні і постійно змінні можливості спортсмена, коливання його функціонального стану, інформація про які надходить від спортсмена за допомогою зворотних зв'язків чотирьох типів:*

- відомості про стан спортсмена (самопочуття, ставлення до тренувальної роботи, настрої);



- відомості про поведінку спортсмена (обсяг тренувальної роботи, її виконання, помічені помилки);
- дані про терміновий тренувальний ефект (величина і характер зрушень у функціональних системах, викликаних тренувальним навантаженням);
- відомості про відставлений і кумулятивний тренувальний ефект (зміни в стані тренуваності і підготовленості спортсмена).

**Об'єктом управління** в спортивному тренуванні є поведінка спортсмена і його стан – оперативний, поточний, етапний, що є наслідком застосування тренувальних і змагальних навантажень, всього комплексу впливів у системі спортивної підготовки. **Метою управління тренувальним процесом** є оптимізація поведінки спортсмена, доцільний розвиток тренуваності і підготовленості, що забезпечує досягнення найвищих спортивних результатів.

Управління тренувальним процесом передбачає комплексне використання як можливостей системи спортивного тренування (закономірностей, принципів, положень, засобів і методів), так і позатренувальних та позазмагальних факторів системи спортивної підготовки (спеціального інвентарю, обладнання та тренажерів, засобів відновлення, кліматичних факторів, організаційних моментів). З одного боку, це визначає надзвичайну складність управління в спортивному тренуванні, а з іншого боку, його велику ефективність у разі обґрунтованості реалізованих рішень.

У найбільш загальному вигляді управління може бути визначене як впорядкування системи, тобто приведення її у відповідність з об'єктивною закономірністю, що діє в даній сфері. У цьому плані динамічна система виступає як самокерована система, укладає в собі, по суті, дві підсистеми: керовану і керуючу, які в єдності утворюють систему управління.

Важливою стороною процесів управління складними динамічними системами є **принцип зворотного зв'язку**. Згідно з цим принципом успішне управління може здійснюватися тільки в тому випадку, якщо керуючий буде отримувати інформацію про ефект, досягнутий керованим об'єктом.

Систематичний контроль дає можливість вивчати особливості розвитку рухових здібностей, морфологічних та психологічних ознак, функціональних можливостей, рухових дій та процесів.

**Метою контролю** є оптимізація процесу підготовки та змагальної діяльності спортсменів на основі об'єктивної оцінки різних сторін їх підготовленості і функціональних можливостей найважливіших систем організму. **Предметом контролю** в спорті є зміст навчально-тренувального процесу, змагальної діяльності, стан різних сторін підготовленості спортсменів, їх працездатність, можливості функціональних систем.

В цілому, структура контролю у фізичному вихованні та спорті може бути представлена наступним чином (рис. 11).



Рисунок 11. Структура видів контролю у фізичному вихованні та спорті

*Медичний контроль* в системі фізичного виховання та спорту представлений наступними складовими:

- оцінка фізичного розвитку;
- оцінка біологічного віку;
- оцінка стану здоров'я.

Узагальнена схема фізичного контролю наведена на рисунку 12.

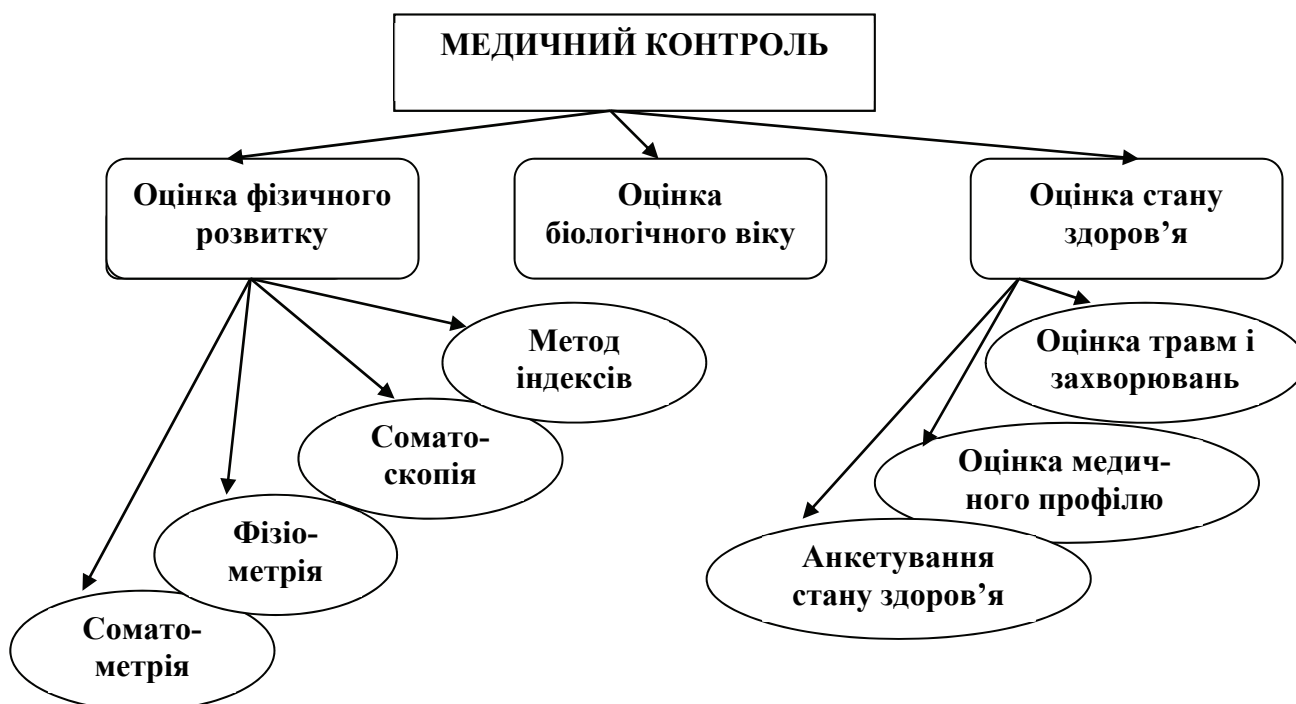


Рисунок 12. Структура медичного контролю у фізичному вихованні та спорті



**Оцінка фізичного розвитку** здійснюється в декількох напрямках:

- соматометричні показники;
- фізіометричні показники;
- соматоскопічні показники;
- метод індексів, для інтегральної оцінки рівня здоров'я.

Актуальною проблемою для практики фізичного виховання та спорту є визначення невідповідності між хронологічним та **біологічним віком**. У зв'язку з можливою різницею здійснюється диференційований підхід проведення занять з фізичного виховання та тренувань, а також індивідуальний підбір засобів та методів спортивної підготовки.

**Оцінка стану здоров'я** передбачає аналіз анкетних даних (про перенесені захворювання особою та членами сім'ї, прийом ліків, харчових добавок тощо), вивчення медичного профілю (обстеження шкіри, центральної нервової системи, органів дихання, серцево-судинної, кістково-м'язової систем) та оцінку травм та захворювань, що дозволяє визначити їх етіологію та, за можливості, їх запобігти.

Найчастіше в практичній роботі використовуються показники **педагогічного контролю** (рис. 13).

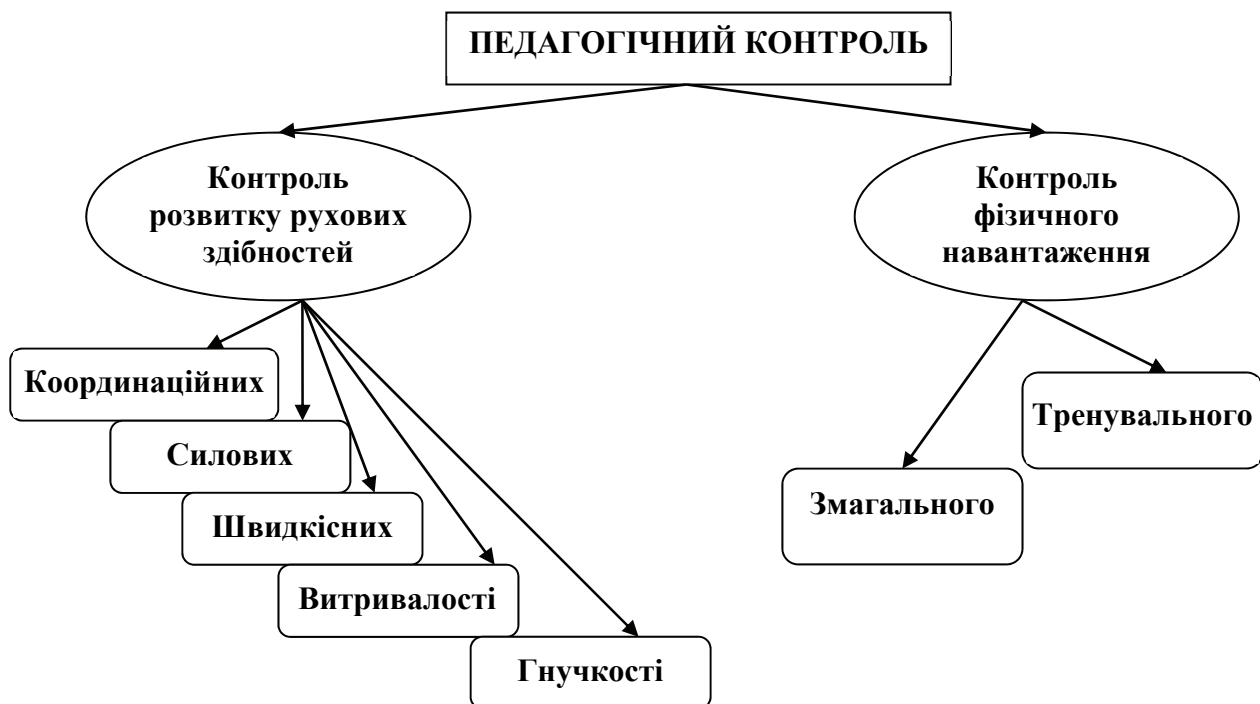


Рисунок 13. Структура педагогічного контролю

**Контроль розвитку рухових здібностей** дозволяє визначити ступінь зміни і відповідності модельним характеристикам координаційних, силових, швидкісних здібностей, здібності до витривалості і гнучкості. **Контроль фізичного навантаження** здійснюється з урахуванням тренувального та змагального навантаження через реєстрацію об'єму, інтенсивності, координаційної складності.



Сучасний розвиток біомеханіки дає можливість об'єктивно здійснювати реєстрацію різних показників (рис. 14).



Рисунок 14. Структура біомеханічного контролю

З метою фіксації *біокінематичних параметрів рухових дій* використовується кіно- та відеозйомка, *біостатика тіла* оцінюється через визначення загального центру маси тіла спортсмена та окремих його частин, стійкості тіла у різних положеннях, а *визначення біодинамічних характеристик рухових дій* здійснюється з використанням спеціалізованого інструментального обладнання (тензодинамометрія, міотонометрія, електроміографія).

*Контроль змагальної діяльності* здійснюється в трьох напрямках (рис. 15): контроль ефективності змагальної діяльності, стенографування рухів, реєстрація різних характеристик рухів.

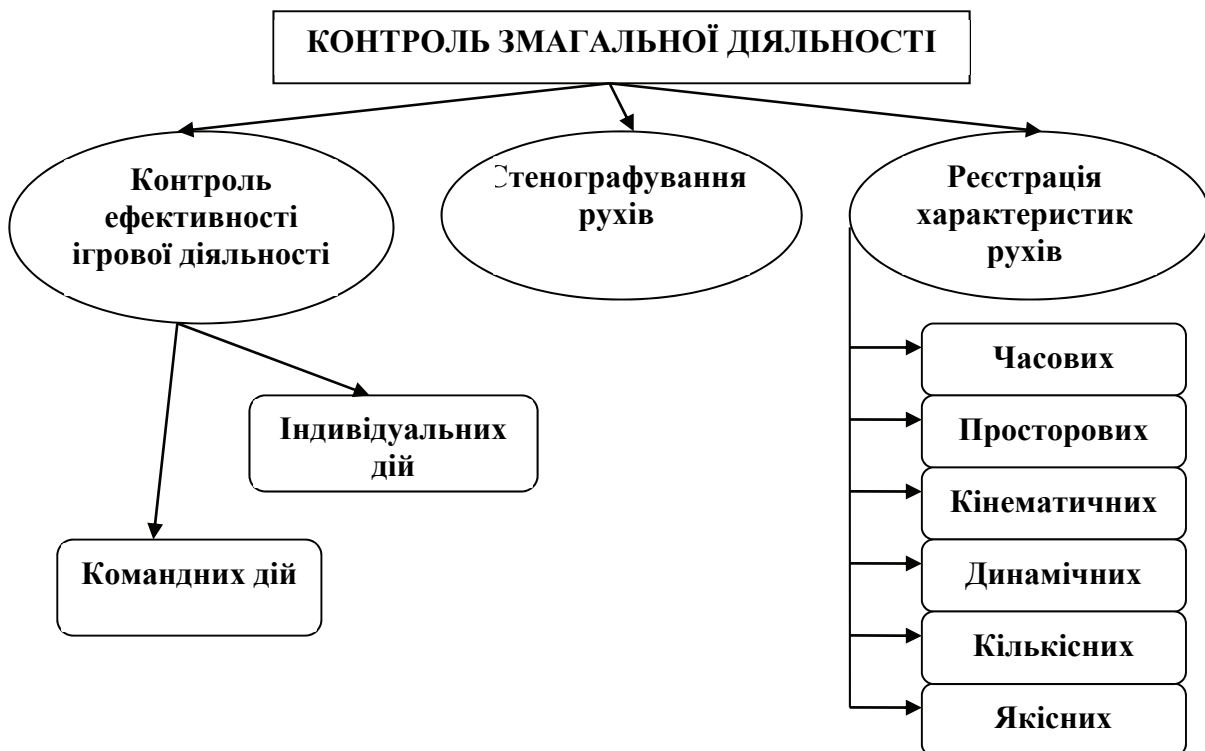


Рисунок 15. Структура контролю змагальної діяльності





**Контроль ефективності змагальної діяльності** (техніко-тактичних дій) за розробленими оціночними шкалами здійснюється шляхом співставлення командних та індивідуальних дій. Техніко-тактичні дії конкретної команди порівнюються з модельними характеристиками кращих ігрових команд даного виду спорту. А ефективність індивідуальних дій визначається у різних гравців у результативній командній діяльності.

**Стенографування рухів** на змаганнях частіше за все здійснюється в техніко-естетичних видах спорту (спортивна і художня гімнастика, фігурне катання, стрибку у воду тощо). Запис ведеться трьома способами:

- використовуючи скорочені позначення гімнастичної термінології;
- спеціальними знаками;
- використовуючи спеціальні позначки, якими позначається рухова дія.

**Реєстрація різних характеристик рухів** здійснюється у видах спорту циклічного та ациклічного характеру.

**Морфологічний контроль** передбачає декілька напрямів (рис. 16):

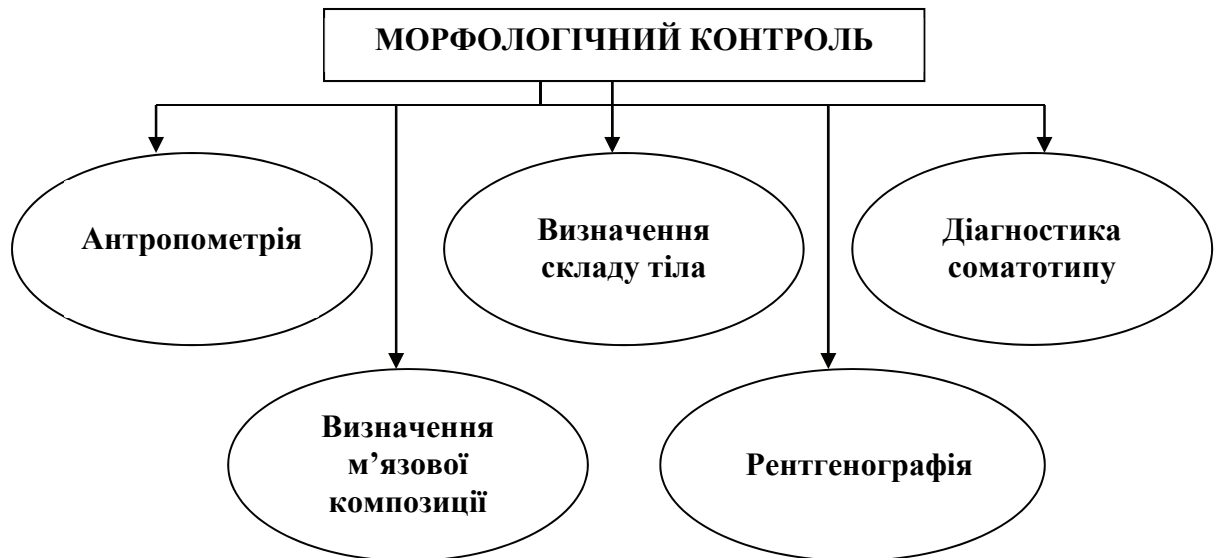


Рисунок 16. Структура морфологічного контролю

**Антропометричні вимірювання** дозволяють визначити довжинні та обхватні антропометричні показники, а також антропометричні діаметри. **Визначення складу тіла** та її змін становить інтерес для оцінки фізичного стану та істинного розвитку людини. При проведенні вимірювань виділяють жировий без жировий компоненти маси тіла, а схильність до занять певним видом спорту залежить від соматичної належності людини. У зв'язку з цим, **діагностику соматотипу** здійснюють у дітей і підлітків, дорослих спортсменів, використовуючи різні технології та методики їх визначення, що буде розглянуто нижче. **М'язова композиція** у людини індивідуальна. Від наявності відсоткового співвідношення повільноскорочуваних (червоних) та швидкоскорочуваних (білих) типів м'язових волокон залежить схильність людини до певної рухової діяльності. Прямі (біопсія) та непрямі методи дають можливість визначити індивідуальне співвідношення типів волокон у



спортсменів. **Рентгенографія** в морфологічному контролі дозволяє вивчити нормальний та деформований хребетний стовп, кістки кінцівок і суглобів.

На рисунку 17 представлена система **функціонального контролю**:

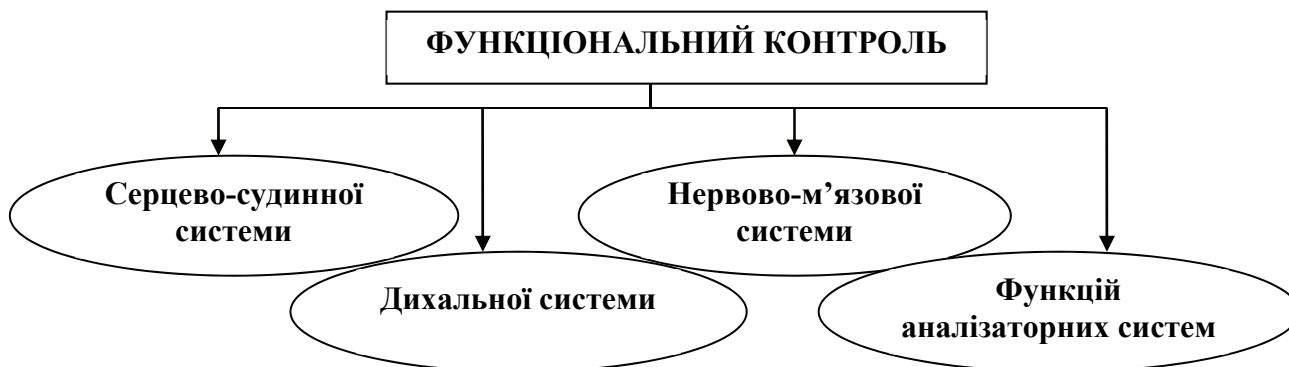


Рисунок 17. Структура функціонального контролю

При обстеженні **функцій серцево-судинної системи** визначають частоту серцевих скорочень у стані спокою, при роботі і відновленні; артеріальний тиск; проводять функціональні проби, на основі яких здійснюється реєстрація різних показників. Діагностика **функцій дихальної системи** проводиться на основі вивчення життєвої ємності легень, максимальної вентиляції легень, функціональних проб (Штанге, Генчі, Скібинського тощо), визначення порогу анаеробного обміну. При контролі **функцій нервово-м'язової системи** використовується пальце-носова проба, термографія, електроенцефалографія тощо. При діагностиці **функцій сенсорних (аналізаторних) систем** обстежують зоровий, слуховий та руховий аналізатори.

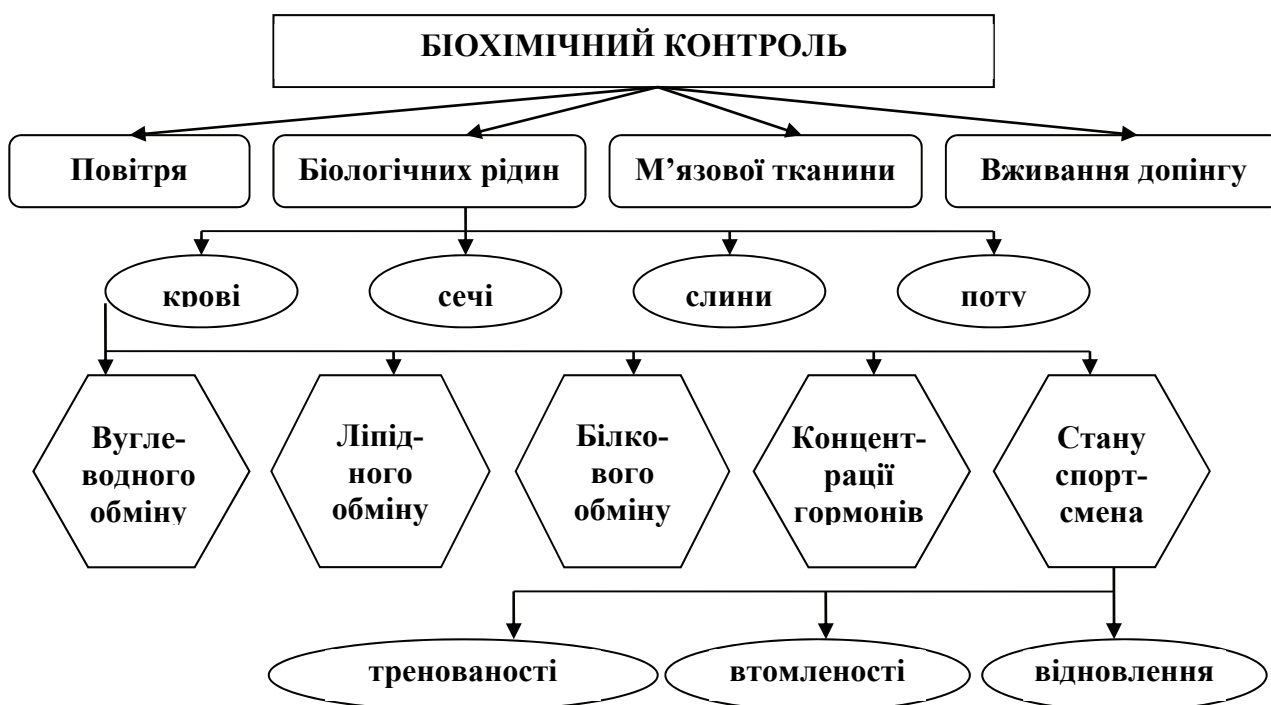
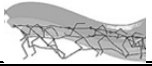


Рисунок 18. Структура біохімічного контролю



Вагомими напрямками **біохімічного контролю** є контроль повітря, біологічних рідин, м'язової тканини, а в спорті ще і застосування допінгу (рис. 18).

**Видихнуте повітря** є достатньо інформативним показником і дозволяє проводити дослідження енергетичного обміну в організмі. Співвідношення спожитого кисню та видихнутого вуглекислого газу відображає інтенсивність процесів енергозабезпечення.

Найбільш інформативним показником біохімічного контролю є **кров**. За змінюваністю складу крові або рідинної її частини – плазми – можна зробити висновок про гомеостатичний стан внутрішнього середовища організму чи його зміни при руховій діяльності. Зміна складу крові може свідчити про вуглецевий, ліпідний і білковий обміни. При біохімічній діагностиці функціонального стану спортсмена інформативним показником є **рівень гормонів у крові**, що визначає функціональну тренуваність, особливість протікання процесів втоми і відновлення. Біохімічний аналіз **сечі** дозволяє в певній мірі вивчити роботу нирок, а також простежити динаміку обмінних процесів у різних органах і тканинах. **Слина** зазвичай використовується на ряду з іншими біохімічними показниками, визначаються електроліти, активність ферментів.

**М'язова тканина** є достатньо вагомим показником біохімічного контролю м'язової діяльності. Аналізують кількість скоро чуваних білків, АТФ-азну активність міозина, показники енергетичного потенціалу (АТФ, глікогена, креатинфосфата), продукти енергетичного обміну, електроліти та інші речовини. Актуальною проблемою в біохімічному контролі є визначення **застосування допінгу** спортсменом. Його використання не тільки створює нерівні умови під час спортивної боротьби, але й шкодить здоров'ю спортсмена в результаті побічної дії, а інколи є навіть причиною смерті.

Психологічний контроль дає можливість оцінити розвиток когнітивних процесів особистості (рис. 19).



Рисунок 19. Структура психологічного контролю

**Контроль інтелектуальних здібностей** можливий за допомогою вербальних, словесних, числових, зорово-просторових тестів. Кількісним показником рівня інтелектуального розвитку людини є коефіцієнт інтелекту –



IQ. У спортивній діяльності спостерігається прямий зв'язок між розвитком інтелектуальних здібностей спортсмена та його спортивними результатами.

Ефективність змагальної діяльності дітей та підлітків (спортсменів) залежить від розвитку *пам'яті*. Доцільно при психологічному контролі вивчати короткочасну (використовуючи цифрові та наочні образи), логічну, механічну, рухову пам'ять. *Увага* є важливим психологічним компонентом пізнавальної активності людини. Від даного показника залежить ступінь розвитку здібності до навчання. За допомогою тестів вивчають ступінь концентрації, властивість переключення (лабільність) і стійкість (стабільність) уваги.

Важливе місце в психологічному контролі займає *діагностика розвитку мислення*, що є суттєвим для тактичної підготовленості спортсменів. Типологічні властивості нервової системи враховуюся під час спортивного відбору (методики Г.Айзенка, Є.П. Ільїна).

Неодхідність генетичного контролю виникла нещодавно. Його використання пов'язує з проблемою пошуку спортивних талантів. Основна структура генетичного контролю представлена на рисунку 20.

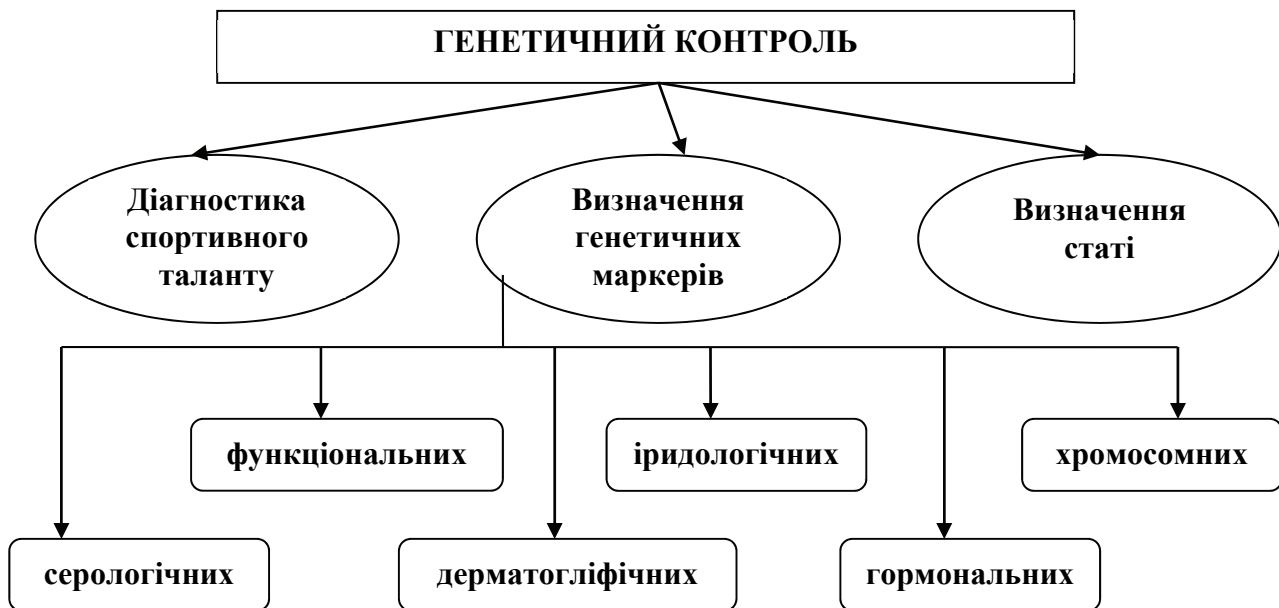
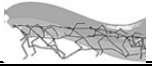


Рисунок 20. Структура генетичного контролю

*В діагностиці спортивного таланту* використовуються генеалогічні та внутрішньосімейні дані про рухову активність членів сім'ї, визначення наявності і відсутності *генетичних маркерів*, та *визначення статевої належності* спортсмена під час допуску до змагань спортсменок.

*Управління навчально-тренувальним процесом включає в себе три стадії:*

- збір інформації;
- її аналіз;
- прийняття рішень (планування).



Збір інформації звичайно здійснюється під час **комплексного контролю**, об'єктами якого є:

- змагальна діяльність;
- тренувальні навантаження;
- стан спортсмена.

Розрізняють (В.А. Запорожанов) **три типи станів спортсмена** в залежності від тривалості проміжку, необхідного для переходу з одного стану в інший.

**Етапний (перманентний) стан.** Зберігається відносно довго – тижні або місяці. Комплексна характеристика етапного стану спортсмена, що відображає його можливості до демонстрації спортивних досягнень, називається підготовленістю, а стан оптимальної (найкращої для даного циклу тренування) підготовленості – спортивною формою. Очевидно, що протягом одного або декількох днів не можна досягти стану спортивної форми або втратити його.

**Поточний стан.** Змінюється під впливом одного або декількох занять. Нерідко наслідки участі в змаганнях або виконаної на одному із занять тренувальної роботи затягуються на кілька днів. У цьому випадку спортсмен зазвичай відзначає явища як несприятливого характеру (наприклад, м'язові болі), так і позитивного (наприклад, стан підвищеної працездатності). Такі зміни називають **відставленим тренувальним ефектом**. Поточний стан спортсмена визначає характер найближчих тренувальних занять і величину навантажень в них. Окремий випадок поточного стану, що характеризується готовністю до виконання в найближчі дні змагальної вправи з результатом, близьким до максимального, називається **поточною готовністю**.

**Оперативний стан.** Змінюється під впливом одноразового виконання фізичних вправ і є тимчасовим (наприклад, стомлення, викликане одноразовим пробіганням дистанції; тимчасове підвищення працездатності після розминки). Оперативний стан спортсмена змінюється в ході тренувального заняття і має враховуватися при плануванні інтервалів відпочинку між підходами, повторними забігами, при вирішенні питання про доцільність додаткової розминки тощо. Окремий випадок оперативного стану, що характеризується негайною готовністю до виконання змагальної вправи з результатом, близьким до максимального, називається **оперативною готовністю**.

Вдале поєднання “ударних” і більш “м'яких” режимів тренувальної роботи створює сприятливі умови підвищення функціональних можливостей спортсмена. У таких умовах різко зростає роль психіки, що виконує функції саморегуляції і самоврядування функціональними підсистемами організму і поведінки людини в цілому. Центральною проблемою урахування психологічних аспектів організації управління і контролю тренувальним процесом є **діагностика та оцінка психічного стану спортсмена**.

Суб'єктивні й об'єктивні ознаки психічних станів дуже різноманітні, і їх вираженість залежить як від особливостей людини, так і від характеру виконуваної роботи. Характеристика **суб'єктивних ознак** багато в чому визначається мотивами діяльності, і, особливо при стані адекватної мобілізації,



ряд негативних ознак може або не помічатися, або ховатися (прагнення до діяльності, почуття змагання, певне почуття відповідальності за виконання дій). При будь-якому вигляді втоми детальне дослідження може виявити зміну в характері функціонування будь-якої системи організму – серцево-судинної, рухової, центральної нервової, травної тощо.

Однак слід зазначити, що основними при фізичній роботі визнані м'язова і рухова системи, а також системи, що забезпечують виконання фізичних навантажень – дихальна та серцево-судинна. Серед психофізіологічних і психологічних характеристик основними є показники сенсомоторики (латентний період рухової реакції, критична частота мигтючих подразників, зміна порогу відчуттів на світлові і слухові подразники).

У діагностиці психічних станів у трудовій та спортивній діяльності використовується до 50 груп показників. **Серед адекватних психодіагностичних методів суб'єктивних оцінок психічного стану виступають самооцінки:**

- загального стану на тренуванні;
- рівня втоми за весь тренувальний день;
- суб'єктивної легкості в заключній частині тренування;
- загального стану після тренування;
- виразності втоми після тренування;
- стабільності працездатності на тренуванні.

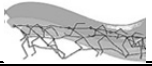
На сьогодні, досить гостро стоїть питання про психофізіологічні проявах станів тренуваності і “спортивної форми”, які важливі в прогнозі результативності спортивної діяльності. Часто ці стани, по суті, не диференціюються і пов'язуються:

- з властивостями особистості спортсмена, сформованими в процесі багаторічної підготовки;
- з “перманентним станом, триваючим тижні і місяці”;
- з оперативним станом готовності до конкретних змагань.

Іноді поняття “стан тренуваності” і “стан спортивної форми” трактуються як окремі випадки “рівня підготовленості” і “стану готовності”.

**Стан тренуваності і стан спортивної форми** – конкретні випадки психофізіологічного стану спортсменів, під яким розуміється “цілісна реакція особистості на зовнішні та внутрішні стимули, спрямована на досягнення корисного результату”. Основна функція оперативного компонента психофізіологічного стану проявляється у забезпеченні узгодженості протікання домінуючих процесів функціонування підсистем організму і особистості, спрямованих на досягнення найближчої в часі мети діяльності. В енергетичному відношенні оперативний компонент здійснює перехід потенційної енергії в кінетичну і визначається суб'єктивною значимістю найближчої мети діяльності і труднощами її досягнення.

Таким чином, взаємодія стійкого і оперативного компонентів станів спортсменів забезпечує цілісність їх організму і особистості в часі і доцільність



роботи всіх функціональних систем залежно від тимчасової відстрочки основної мети спортивної діяльності.

**На суб'єктивному рівні стан тренуваності і спортивної форми** пов'язуються з почуттям “легкості початку тренування” і “легкості його закінчення”. Почуття “легкості початку тренування” інтерпретується як оперативний компонент стану тренуваності. За об'єктивними показниками це почуття виражається в стабілізації темпу рухів, що сприяє підтримці рівномірного темпу на дистанції (координаційний компонент), і сумарному рівню активації (енергетичний компонент).

Сукупність показників, взаємозалежних з “легкістю закінчення тренування”, інтерпретується **як прояв стійкого компонента стану тренуваності**. Він також включає в себе координаційну та енергетичну складові. Координаційна складова проявляється в стабілізації дозованого і оптимального статичного зусилля. Зменшення варіативності за цими показниками відображає збільшення стійкості найбільш важливої специфічної якості представників групи витривалості – здатності точно в часі розподіляти свої сили на дистанції. Енергетична складова сталого компонента стану тренуваності проявляється у зменшенні значень активаційних показників: сумарного рівня активації; відносини оптимального статичного зусилля до максимального; відносини оптимального темпу до максимального. На психологічному рівні його прояви виражаються в зниженні почуття втоми і почуття напруженості до тренування.

**Стан “спортивної форми” відрізняється єдністю енергетичних складових оперативного та сталого компонентів**. Чим більше перевищення рівня активації над оптимальним, тим нижче рівень активаційних резервів, гірше настрої, меншим є бажання тренуватися, і тим нижче успішність виступу на змаганнях. З іншого боку, чим рівень активації нижче оптимального, тим краще настрої, сильнішим є бажання тренуватися, але тим нижчою є здатність до реалізації енергетичних ресурсів і нижча успішність на змаганнях.

**Імпульсивність (різноманітність) тренувального навантаження** в передзмагальному періоді є одним з факторів підвищення активації вище оптимального рівня. Монотонність навантаження, навпаки, входить до числа причин, що знижують активацію. Нестійкість самооцінки готовності спортсмена до змагань може бути показником як неоптимально високого, так і неоптимально низького рівня його активації.

Інтенсивний розвиток масової фізичної культури призвів до суттєвого підвищення ролі **самоконтролю**, всі дані якого повинні фіксуватися в щоденнику самоконтролю. Передбачається фіксування як даних спокою, так і певної інформації про характер виконаної м'язової роботи, про реакцію на неї організму. Те ж саме можна сказати і про результати проведення найпростіших функціональних проб.

У щоденнику, в першу чергу, повинні отримати відображення суб'єктивні дані про адаптивність до виконуваних фізичних навантажень: ступінь втоми після тренування, бажання, з яким воно виконується, почуття задоволення після нього, відчуття дискомфорту тощо. Відставлені ефекти



переносимості навантажень відбиваються на характері і глибині сну, апетиті, настрої. Поява негативних оцінок суб'єктивних даних самоконтролю говорить про надмірні фізичних навантаження, неправильний розподіл їх в тижневому мікроциклі, неоптимальне співвідношенні обсягу та інтенсивності тренувальних навантажень.

Достовірність суб'єктивних оцінок адаптивності до фізичних навантажень підвищується при підкріпленні їх даними об'єктивного самоконтролю. До них відноситься вимір ЧСС, АТ. При індивідуальних заняттях є можливість програмувати ЧСС з метою забезпечення тренувального ефекту і адекватності навантаження з урахуванням віку, статі, завданнями тренування (підвищення фізичної працездатності, рекреація, реабілітація після захворювань тощо). Бажано вимірювати також і АТ до і після навантаження. На початку навантаження максимальний тиск підвищується, потім стабілізується на визначеному рівні. Після припинення роботи (перші 10-15 хв) знижується нижче вихідного рівня, а потім приходить у початковий стан. Мінімальний же тиск при легкому чи помірному навантаженні не змінюється, а при напруженій важкій фізичній роботі трохи підвищується. Відомо, що величина пульсу і мінімального тиску в нормі чисельно збігаються. Кердо запропонував обчислювати індекс за формулою:

$$ІК \text{ (індекс Кердо)} = АТ_{\text{мін}} / ЧСС$$

У здорових людей цей індекс близький до одиниці. При порушенні нервової регуляції серцево-судинної системи він стає більшим чи меншим одиниці.

Найбільшу складність при самоконтролі представляє проведення функціональних проб. З них найбільш доступні ортостатична проба (реєстрація ЧСС на променевої артерії в горизонтальному і вертикальному положеннях), а також тест Руф'є, в якому основна інформація виходить за даними виміру ЧСС. Динаміка обох проб дозволяє судити про ефективність тренувальної роботи, що проводиться за затвердженою програмою.

Оскільки психологічна підготовленість спортсменів постійно змінюється, вона підлягає кількісній та якісній оцінці в умовах етапного, поточного і оперативного контролю. **В цілому психологічна підготовленість передбачає такі основні напрямки:**

- формування мотивації до занять спортом;
- виховання вольових якостей;
- аутогенне, ідеомоторне, психом'язове тренування;
- вдосконалення швидкості реагування;
- вдосконалення спеціалізованих умінь;
- регулювання психічної напруженості;
- виховання толерантності до емоційного стресу;
- управління стартовими станами.

У процесі контролю психічної підготовленості оцінюють:

- особистісні та морально-вольові якості, що забезпечують досягнення високих спортивних результатів на змаганнях у різних видах спорту





(здатність до лідерства, мотивація в досягненні перемоги, вміння концентрувати всі сили в потрібний момент, здатність до перенесення високих навантажень, емоційна стійкість, здатність до самоконтролю тощо);

- стабільність виступів на змаганнях за участю суперників високої кваліфікації, вміння показувати найкращі результати на головних змаганнях;
- обсяг і зосередженість уваги в зв'язку зі специфікою видів спорту і різних змагальних ситуацій;
- здатність управляти рівнем збудження безпосередньо перед і в ході змагань (стійкість до стресових ситуацій);
- ступінь досконалості різних сприйнять (візуальних, кінестетичних) параметрів рухів, здатність до психічної регуляції м'язової координації, сприйняття і переробки інформації;
- можливість аналізаторної діяльності, сенсомоторних реакцій, просторово-часової антиципації, здатність до формування випереджальних рішень в умовах дефіциту часу тощо.

### **Контрольні питання**

1. Класифікуйте види контролю у фізичному вихованні та спорті?
2. Що таке управління? Яка мета та предмет управління в спортивній практиці?
3. Опишіть спрямованість різних видів комплексного контролю?
4. Дайте характеристику станів спортсмена на різних етапах комплексного контролю?
5. Дайте визначення понять “стан тренуваності” та “стан спортивної форми”? В чому різниця між наведеними поняттями?
6. Що таке терміновий, відставлений та кумулятивний ефект?
7. Розкрийте сутність принципу зворотного зв'язку управління?

### **Тестові завдання для самоконтролю знань**

- 1. Яка мета управління спортивним тренуванням?**
  - а) управління фізичною підготовленістю;
  - б) управління тактичною підготовкою;
  - в) підвищення тренуваності спортсмена;
  - г) підготовка спортсмена високого класу.
- 2. У чому полягає принцип зворотного зв'язку в управлінні функціональною системою?**
  - а) в отриманні об'єктивної інформації про стан спортсмена;
  - б) в точності вимірювань;
  - в) в оцінці стану фізичної підготовленості;
  - г) в підборі засобів для наступних вимірювань.



**3. Що називають терміновим тренувальним ефектом?**

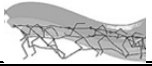
- а) зміни в організмі, що відбуваються в результаті сумарної тренувальних занять;
- б) зміни в організмі, що відбуваються під час або після закінчення тренувального заняття;
- в) стомлення організму, викликане тренуваннями;
- г) підвищення якості тренувального заняття.

**4. Які найбільш важливі напрямки в педагогічному контролі?**

- а) відомості, отримані від спортсмена;
- б) відомості про поведінку спортсмена;
- в) дані про терміновий і кумулятивний тренувальний ефекти;
- г) всі перераховані вище

**5. Встановіть взаємозалежність між видами контролю у фізичному вихованні та спорті та їх складовими:**

- |   |                         |   |  |
|---|-------------------------|---|--|
| 1 | Медичний контроль       | А | Контроль розвитку рухових якостей та фізичного навантаження                          |
| 2 | Педагогічний контроль   | Б | Інтелект, пам'ять, увага, мислення, типологічні особливості                          |
| 3 | Морфологічний контроль  | В | Серцево-судинної, дихальної, нервово-м'язової, аналізаторних систем                  |
| 4 | Функціональний контроль | Г | Оцінка фізичного розвитку, біологічного віку та стану здоров'я                       |
| 5 | Психологічний контроль  | Д | Діагностика спортивного таланту та визначення генетичних маркерів                    |
| 6 | Генетичний контроль     | Е | Антропометрія, визначення складу тіла та м'язової композиції, діагностика соматотипу |



## ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 2.2

### АНТРОПОМЕТРІЯ, ЯК СПОСІБ ВИМІРЮВАННЯ ЧАСТИН ТІЛА СПОРТСМЕНА. СОМАТОТИПУВАННЯ

#### *План практичного заняття*

1. Антропометрія: основні визначення та поняття, історичний опис виникнення вчення.
2. Особливості статури тіла. Розміри тіла.
3. Пропорції тіла. Канони антропометрії. Конституційні типи.
4. Соматотипування.
5. Конституційні схеми: Г.Віола та Л.Манувріє; К.Сіго; Е.Кречмера; В.Бунака; І.Галанта; В.Штефко та А.Островського; У.Шелдона; Б.Хіт та Л.Картера; В.Чтецова, М.Уткіної, Н.Лутовінової; В.Дерябіна.

#### *Рекомендована література*

1. Башкіров П. Н. Вчення про фізичний розвиток людини. М., 1962.
2. Бунак В. В. Антропометрія. Практичний курс. М., 1941.
3. Бунак В. В. Розміри і форми хребта людини та їх зміни в період зростання. «Уч. зап. МДУ», вип. 34. Антропологія. 1940.
4. Никитюк Б. А., Читців В. П. Морфологія людини. М., Изд-во МГУ, 1983. – 320 с.
5. Рогінський Я. Я., Льовін М. Р. Антропологія. Підручник для студентів унів. - 3 вид., М., Вища школа, 1978. – 528 с.
6. Спортивна медицина: навч. для ін-тів фіз. культ. / Под ред. В. Л. Карпмана. М.: Фізкультура і спорт, 1987. – 304 с
7. Хіт Б. Х. Сучасні методи соматотіпірованія. Ч.1. Зап. антропол., 1968, вип. 29. – С. 20-40.
8. Хіт Б. Х., Картер Д. Л. Сучасні методи соматотіпірованія. Ч.2 Зап. антропол., 1969, вип. 33. – С. 60-79.

#### *Методичні рекомендації до практичного заняття*

**Антропометрія** – це спосіб вимірювання частин тіла з метою ідентифікації злочинців та інших осіб, рекомендований в середині ХІХ ст. бельгійцем Адольфом Кетле. Застосовувався поліцією багатьох країн з 1888 р. аж до винаходу дактилоскопії. Називається ще “бертильонаж” (за ім'ям француза Бертильона, що удосконалив антропометрію).

**Статура** – розміри, форми, пропорції та особливості частин тіла, а також особливості розвитку кісткової, жирової і м'язової тканин. Розміри і форми тіла кожної людини генетично запрограмовані. Ця спадкова програма реалізується в ході онтогенезу, тобто в ході послідовних морфологічних, фізіологічних і біохімічних трансформацій організму від його зародження до кінця життя.

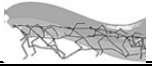


Серед **розмірів тіла** виділяють **тотальні** (від фр. *total* – цілий) і **парціальні** (від лат. *pars* – частина). **Тотальні (загальні) розміри тіла** – основні показники фізичного розвитку людини. До них відносяться довжина і маса тіла, а також обхват грудей. **Парціальні (часткові) розміри тіла** є складовими тотального розміру і характеризують величину окремих частин тіла. Розміри тіла визначаються при антропометричних обстеженнях різних контингентів населення. Більшість антропометричних показників має значні індивідуальні коливання. Тотальні розміри тіла залежать від його довжини і маси, окружності грудної клітки. Пропорції тіла визначаються співвідношенням розмірів тулуба, кінцівок та їх сегментів. Розміри тіла (поряд з іншими параметрами, що характеризують фізичний розвиток) є важливими показниками спортивного відбору та спортивної орієнтації. Як відомо, завдання спортивного відбору – відібрати дітей, найбільш придатних у зв'язку з вимогами виду спорту. Проблема спортивної орієнтації та спортивного відбору є комплексною, що вимагає використання педагогічних, психологічних і медико-біологічних методів.

При однаковій довжині тіла величини його частин у різних індивідуумів можуть бути різні. Ці відмінності виражаються як в абсолютних розмірах, так і в співвідносних величинах. Під **пропорціями тіла** розуміють співвідношення розмірів окремих частин тіла (тулуба, кінцівок та їх сегментів). Зазвичай розміри окремих частин тіла розглядаються в співвідношенні з довжиною тіла або виражаються у відсотках довжини тулуба або довжини корпусу. Для характеристики пропорцій тіла найбільше значення мають відносні величини довжини ніг і ширини плечей.

Найбільш поширеним методом характеристики пропорцій тіла є обчислення відношення довжини кінцівок і ширини плечей до загальної довжини тіла. За співвідношенням цих розмірів зазвичай виділяють **три основних типи пропорцій тіла**:

- **брахіморфний**, який характеризується широким тулубом і короткими кінцівками. У людей брахіморфного типу статури (гіперстеніки) переважають поперечні розміри, добре розвинена мускулатура, вони не дуже високого зросту. Серце розташоване поперечно завдяки високому розташуванню діафрагми. У людей брахіморфного типу легені коротші і ширші, петлі тонкої кишки розташовані переважно горизонтально;
- **доліхоморфний**, що відрізняється зворотними співвідношеннями (вузьким тулубом і довгими кінцівками). Особи доліхоморфного типу статури (астеніки) відрізняються переважанням поздовжніх розмірів, мають відносно більш довгі кінцівки, слабко розвинені м'язи і тонкий прошарок підшкірного жиру, вузькі кістки. Діафрагма у них розташована нижче, тому легені довші, а серце розташоване майже вертикально;
- **мезоморфний**, що займає проміжне положення між брахі- і доліхоморфними типами. До мезоморфному типу статури (нормостеніки) віднесені люди, анатомічні особливості яких наближаються до усереднених параметрах норми (з урахуванням віку, статі тощо).



**Відмінності між названими типами зазвичай виражаються за допомогою системи індексів;** наприклад, у відсотках довжини тіла визначають ширину плечей, ширину тазу, довжину тулуба, довжину ніг.

**Соматотип** – (соматична конституція) – це, по суті, конституційний тип статури людини, але це не тільки власне статура, але і програма його майбутнього фізичного розвитку. Статура людини змінюється протягом його життя, тоді як соматотип обумовлений генетично і є постійною його характеристикою від народження і до смерті. Вікові зміни, різні хвороби, посилене фізичне навантаження змінюють розміри, обриси тіла, але не соматотип. **Соматотип – тип статури – визначається на підставі антропометричних вимірювань (соматотипування), генетично обумовлений, конституційний тип, що характеризується рівнем і особливістю обміну речовин (переважним розвитком м'язової, жирової або кісткової тканини), схильністю до певних захворювань, а також психофізіологічними відмінностями.**

Специфіка обмінних процесів і ендокринних реакцій складає сутність функціональної конституції. Конституція в широкому сенсі (включаючи генетичну, морфологічну і функціональну) являє достатній інтерес, оскільки її вважають відповідальною за своєрідність реактивності організму. Вважається доведеною неоднакова сприйнятливість до дії зовнішніх і внутрішніх факторів людей різних конституційних типів. В даний час налічується більше ста класифікацій конституції людини, заснованих на різних ознаках. Тому існують конституційні схеми, в основу яких покладені морфологічні, фізіологічні, ембріологічні, гістологічні, нервово-психічні та інші критерії. Спроби класифікувати людину за будовою тіла, особливостям поведінки, або схильності до тих чи інших захворювань сходять до глибокої старовини, до часів Гіппократа. Він вперше пов'язав особливості статури людей з їх схильністю до певних захворювань. На основі емпіричних зіставлень він показав, що люди невисокого зросту, щільні, схильні до апоплексичного удару, люди ж високі і худі – до туберкульозу.

**Схеми Г. Віола і Л. Манувріє (конституції за пропорціями тіла).** Частина цих схем використовуються досі окремими антропологічними школами. Наприклад, модифікації системи італійського лікаря Г. Віола застосовуються сучасними італійськими та румунськими конституціологами (Viola G., 1936).

Ця класифікація, створена в 1909 р на підставі обстеження всього 400 чоловіків венеціанців, була першою схемою, заснованою на системі антропометричних ознак. Особливість полягала у розрахунку 4 емпірично встановлених індексів, по співвідношенню яких індивід класифікувався в один з типів:

- **лонгітип (мікроспланхнія)** – довгі кінцівки по відношенню до тулуба, відносно широка грудна клітка і переважання поперечних розмірів над передньо-задніми;
- **нормотип (нормоспланхнія)** – пропорційне (нормальне) співвідношення розмірів, показники “середньої” людини;



- **брахітип (макроспланхнія)** – протилежне співвідношення в порівнянні з лонгітипом;
- **змішаний тип** – включає всі випадки невідповідності чотирьох індексів, коли один з індексів відповідає одному типу, другий – іншому.

Таким чином, на противагу нормального типу із середнім зростом і пропорційною будовою, по Г. Віола існують два крайніх: з переважаючим розвитком кінцівок (надмірно виражений тип “дорослого”) і з переважаючим розвитком тулуба (наближається в пропорціях до типу “дитини”).

Близький варіант класифікації був запропонований ще наприкінці ХІХ ст. французьким антропологом Л. Манувріє, що розрізняв серед населення Франції аналогічні типи пропорцій за індексом скелії. Він виділяв наступні варіанти:

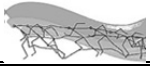
- **макроскелія** – довгі щодо тіла кінцівки;
- **мезоскелія** – пропорційний розвиток;
- **брахіскелія** – короткі кінцівки.

Таким чином, конституції Л. Манувріє відповідає варіантам будови, виділений по координаті брахі- і доліхоморфії. Системи Л. Манувріє і, особливо, Г. Віола були свого часу покладені в основу багатьох робіт, присвячених морфологічному аналізу, відмінностям у сприйнятливості до хвороб і, меншою мірою, фізіологічним і психологічним співвідношенням у людини. Однак, з точки зору методики виділення реально існуючих і стійких варіантів, вони були далекі від досконалості. Сумнів викликає “точка відліку” координат і винятковий акцент при використанні індексів.

**Схема статури К. Сіго (все визначає середовище).** Ідеї та підходи, що застосовувалися для побудови конституційних схем, іноді виглядають вельми оригінально. Один з таких оригінальних підходів був втілений в чоловічій конституційній схемі К. Сіго, розробленої ним і його учнями в 1914 році.

Автори припускали, що за формування статури цілком відповідальні умови навколишнього середовища. Ці фактори впливають на індивіда “через повітря, воду і землю”. Тривала дія одних і тих же факторів підсилює прояв ознак відповідного типу, а результат – особливості форми тіла – може закріплюватися спадковістю (таким чином ідея в цілому повторює погляди Ж.-Б. Ламарка).

Якщо переважний вплив робить повітряне середовище, наприклад, при переселенні людей з рівнини на високогір’я, то у людини, за трактуванням К. Сіго, переважно розвивається дихальна система, і відповідний їй респіраторний тип статури. Життя людини в області з великою кількістю тваринних і рослинних ресурсів сприяє переважному розвитку травного тракту і відповідного типу – дігістивного. Люди, що живуть в неродючих малонаселених областях, за К. Сіго, змушені поневірятися в пошуках їжі, що сприяє розвитку м’язового і скелетного компонентів тіла. Такий тип Сіго назвав мускулярним. А люди, що живуть у місті, з дитинства відчувають нестачу повітря, сонця, рухів і схильні до чисельних подразнень. Такі умови сприяють розвитку церебрального конституційного типу (таблиця 10).



## Конституційна схема К. Сіґо

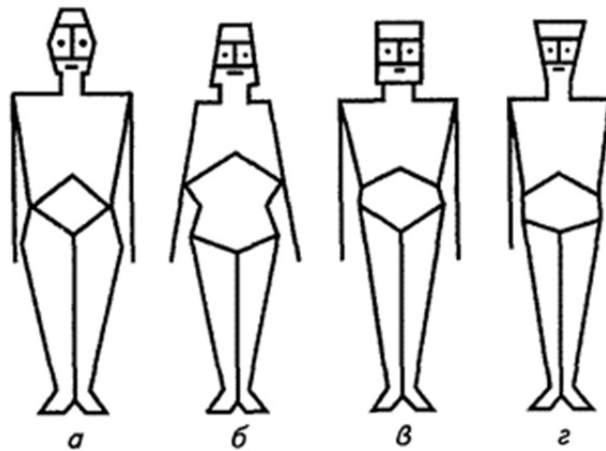
Фактори середовища	Конституційний тип	Характеристика
Повітряне середовище	Респіраторний	Значний розвиток носа, щік, взагалі середнього відділу обличчя. Лоб і нижня частина обличчя розвинені при цьому незначно. Шия у людей респіраторного типу довга, з великим кадиком, зріст високий. З мускулатури сильно розвинена тільки дихальна частина. Відповідно, грудна клітка дуже велика, на відміну від черевної порожнини. Руки і ноги досить довгі, але не м'язисті. У середині нього Сіґо виділяв два варіанти: один з прямим носом і широким обличчям – брахікефальної, інший – з орлиним носом, вузьким обличчям – доліхокефальний.
Надлишок харчових ресурсів	Дігестивний	У особі найбільш розвинена нижня частина, кути нижньої щелепи розгорнуті, рот широкий, а губи товсті, тоді як ніс і лоб невеликі. Шия коротка і жирна, в тулубі переважаючим відділом є живіт. Грудна клітка теж широка, але дуже коротка і видається вперед менше, ніж живіт. Кінцівки людини дігестивного типу короткі, повні, зі слабо розвиненими м'язами.
Велика рухливість	Мускулярний	Голова складена гармонійно, її три відділи – верхній, середній і нижній, рівні між собою за розмірами. Лоб, ніс і рот помірних розмірів. Шия широка, але довжина може бути різною. У формі тулуба виділяються широкі плечі, а мускульний рельєф добре розвинений. Кисті рук таких людей можуть бути дуже широкими. У середині типу Сіґо виділив два варіанти: короткий – відрізняється кремезними, повільними рухами, деякою незграбністю і довгий – більш граціозний.
Нестача ресурсів	Церебральний	Голова здається непропорційно великою, порівняно з худим невисоким тілом. Верхня частина обличчя дуже велика, з широким і високим чолом, а нижня – маленька, від чого обличчя здається трикутним. Тіло людей церебрального типу маленьке, грудна клітка плоска і вузька, кінцівки тонкі, з дуже слабкою мускулатурою.

К. Сіґо тісно пов'язував конституційні типи з певними професіями. Так, респіраторним типом володіють атлети і мислителі, мускулярним в його короткому варіанті – атлети, вантажники, ковалі та легкі кавалеристи, а в



довгому – бігуни, гімнасти, альпіністи. Церебральний тип поширений серед філософів.

Узагальнена конституційна схема К. Сіго представлена на рисунку 21.



**Рисунок 21. Конституційна схема К. Сіго**

**(а – респіраторний; б – дігестивний; в – мускулярний; г – церебральний)**

Схема К. Сіго не базується на якійсь певній системі морфологічних ознак, виглядає хаотичною і штучною. Зазначені в характеристиці типів ознаки в реально існуючих групах населення зустрічаються в самих різних комбінаціях (особливо це стосується рис обличчя). Нарешті, К. Сіго змішував конституційні ознаки з расовими, надаючи їм до того ж певне соціальне значення. Не витримують серйозної критики і основні вихідні характеристики побудови схеми – виникнення конституційних типів пояснюється виключно впливом середовища, а генетичний фактор практично повністю ігнорується.

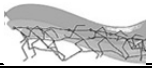
**Схема Е. Кречмера (все визначає спадковість).** Прямо протилежних вихідних принципів дотримувався при створенні своєї схеми німецький психіатр Е. Кречмер. Він вважав, що спадковість, а не фактори зовнішнього середовища, є єдиним джерелом морфологічного розмаїття. Робота Е. Кречмера “Будова тіла і характер” перевидається на багатьох мовах світу, отримуючи масу заслужених захоплених і критичних відгуків з боку психологів і антропологів.

Варто зауважити, що ця схема стала основою для створення більшості пізніших класифікацій. Під іншими назвами, виділені автором типи, можна дізнатися в багатьох схемах, навіть якщо принципи їх побудови відрізняються. Очевидно, це наслідок відображення реального різноманітності, існуючого серед людей, і відзначеного Е. Кречмер у вигляді дискретних типів.

Однак і ця схема не позбавлена певних недоліків:

- вона цілком базується на антропоскопічних спостереженнях;
- в ній міститься типова для ранніх конституційних систем помилка: автор щиро вважав, що людей дійсно можна класифікувати на дискретні, чітко





розмежовані категорії і лише невелике число індивідуумів залишиться “за рамками” цих категорій;

- виділені конституційні типи Е. Кречмер вважав однаково застосовними до чоловіків і жінок, хоча і зазначав, що в останніх яскраво виражені типи зустрічаються рідше;
- типологія заснована на занадто невеликій за мірками антропології вибірці.

Виведення своїх типів Е. Кречмер зробив, керуючи психіатричною клінікою. Його конституційна схема мала конкретне практичне призначення – попередня діагностика психічних патологій. Керуючись цим, автор обстежив пацієнтів своєї клініки, а в якості контрольної групи використовував санітарів. Він цілком справедливо вважав, що на такому контингенті зв’язки психічних і конституційних рис будуть виявлятися виразніше.

Особа, за Е. Кречмером, є “візитною карткою індивідуальної конституції”. Кречмер виділив три основних конституційних типи: *лептосомний (або астеник), пікнік і атлетик* (рис. 22).

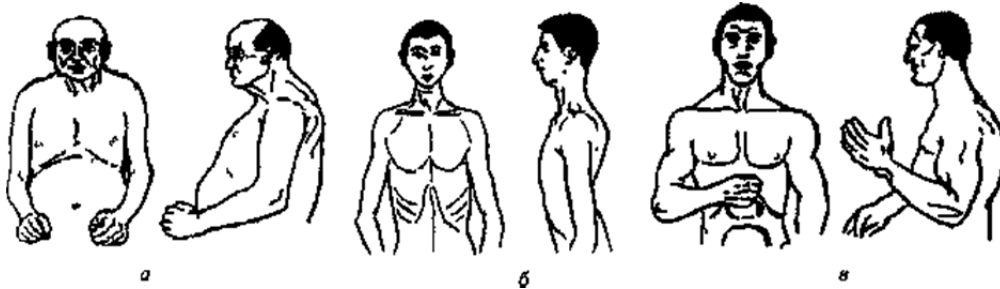
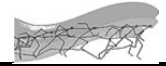


Рисунок 22. Типологія людини за Кречмером:  
а – пікнік; б – астеник; в – атлетик

**Астеничний тип** відрізняється вузьким тілом, що проявляється у всіх частинах та видах тканин. Астеник має вузькі плечі і таз, худу ший, тонкі кінцівки. Завдяки такій витягнутості статури астеник здається більш високим, ніж він є насправді. Жировий і м’язовий компонент розвинені вкрай слабо. Жировідкладення у астеників практично немає. Кістки також тонкі, але у відносному вираженні виявляються переважним компонентом тіла. Грудна клітка довга, вузька і плоска, з гострим надчеревним кутом (створеним нижніми ребрами, що сходяться до грудини). Живіт худий, запалий або плоский. Обличчя астеників також вузьке і витягнуте, зі слабким “втікаючим” підборіддям і виступаючим носом. Е. Кречмер детально описував форму носа астеників, наприклад, говорив про його вузькість, гострий опущеному кінчик, що насправді є скоріше расовою, а не конституційною ознакою. Астеничні особливості складаються в ранньому дитинстві і залишаються постійними у всіх віках. Ні в дитинстві, ні в старості астеники не проявляють схильності до накопичення жиру або розвитку м’язів. Специфіка цього типу, пов’язана зі статтю, проявляється в більшій частоті низькорослості серед астеничних жінок.

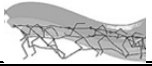


**Атлетичний тип** характеризується сильним розвитком кісткового і м'язового компонентів. Плечі, грудна клітка широка і опуклі. Надчеревний кут близький до прямого. Живіт пружний, з вираженим рельєфом м'язів. В цілому тулуб розширюється догори. Шия масивна, здається ще масивніше через достатній розвитку трапецієподібного м'яза. Кістки масивні і товсті, що обумовлено значним розвитком м'язів. Руки дещо подовжені, з великим мускульним рельєфом. Зріст таких людей, за Кречмером, середній або вище середнього. Обличчя атлетів грубувате, високе, дещо вугласте, з вираженим кістковим рельєфом. Сильно розвинені надбрівні дуги, вилиці виступають, нижня щелепа широка з великим "вольовим" підборіддям. Ніс великий, притуплений. Згідно з теорією Кречмера, характерний комплекс атлетичного типу складається в період статевого дозрівання, а після 25 років стає ще виразнішим. Статева специфіка типу проявляється в більшому розвитку жирового компоненту у жінок порівняно з чоловіками.

**Тип пікнік** характеризується схильністю до жировідкладення при відносно слабкому розвитку м'язового і кісткового компонентів. Груді і живіт пікніка великі, широкі і об'ємні. Шия коротка, товста. Тулуб, навпаки, довгий. Грудна клітка опукла, помітно розширюється вниз, бочкоподібна. Надчеревний кут широкий. Живіт товстий. Руки і ноги закороткі, пухкі, зі слабо розвиненою мускулатурою. Обличчя пікніків широке, округлих форм, за рахунок рясного підшкірного жиру здається сплосченим. Лоб широкий і опуклий, ніс середньої величини, з прямою або увігнутою спинкою. Нижня щелепа здається ширше за рахунок пухких щік. Пікніческий тип, на відміну від астеничного і атлетичного, досягає повного розвитку тільки після 30 років, хоча схильність до розвитку цього типу проявляється набагато раніше. Статеві відмінності полягають у різному розподілі жиру на тулубі: у чоловіків він концентрується в основному на руках, плечах і, особливо, в області живота, а у жінок – на грудях і на стегнах.

**Конституційна схема В.В. Бунака (точність методики).** Подібною, але позбавленою багатьох недоліків попередньої схеми, є соматотипологічна класифікація, розроблена В.В. Бунаком. Її принципова відмінність від схеми Кречмера полягає в жорсткому визначенні ступеня важливості конституційних ознак. Вона побудована за двома координатами статури – ступеня розвитку жировідкладення і ступеня розвитку мускулатури. Додатковими ознаками є форма грудної клітки, черевної області і спини. Схема В.В. Бунака призначена для визначення нормальної конституції у дорослих чоловіків і непридатна до жінок. Довжина тіла, кістковий компонент, а також ознаки голови і обличчя в ній не враховуються.

Поєднання двох координат дозволяє розглянути три основних типи статури і чотири проміжних. Проміжні варіанти поєднують в собі ознаки основних типів. Вони були виділені В.В. Бунаком, оскільки на практиці дуже часто вираженість покладених в основу схеми ознак не цілком виразна і ознаки різних типів часто поєднуються один з одним. Ще два типу статури автор виділив як невизначені, хоча, по суті, вони також є проміжними (табл. 11, рис. 23).



## Соматотипологія В.В. Бунака

Типи		Характеристика
Основні	Грудний	Визначається слабким розвитком жировідкладення і мускулатури. Грудна клітка у чоловіків цього типу плоска або запала. Живіт також запалий. Спина сутула.
	М'язовий	Відрізняється середнім розвитком жирового компоненту і сильною рельєфною мускулатурою. Грудна клітка має циліндричну форму. Живіт прямий. Спина звичайна або, рідше, сутула.
	Черевний	Має підвищений розвиток жирового шару, тоді як мускулатура розвинена середньо або слабо. Грудна клітка має конічну форму. Живіт опуклий. Спина може бути різної форми – звичайна, пряма або сутула.
Проміжні	Грудно-м'язовий	Схожий на грудний тип, але грудна клітка не така плоска, а мускулатура досить добре розвинена.
	М'язово-грудний	Схожий на мускульний тип, але відрізняється від нього низьким ступенем жировідкладення і більше сплющеною грудною кліткою.
	М'язово-черевний	Схожий на мускульний тип, але відрізняється підвищеним ступенем жировідкладення і більше конічною формою грудної клітки.
	Черевно-м'язовий	Схожий на черевний тип, але відрізняється досить добре розвиненою мускулатурою
Невизначені	Власне невизначені	Будь-які інші типи статури, які не відповідають представленій схемі за поєднанням ознак.
	Аномальні	Широкий спектр аномальних типів статури, що пов'язуються з певною очевидною для дослідника патологією (наприклад, дистрофія, диспластії, гіпофізарне ожиріння, гермафродитизм та інші патологічні варіанти).



Рисунок 23. Соматотипологія за В.В. Бунаком:  
1 – грудний; 2 – м'язовий; 3 – черевний



Представлена соматотипологічна схема В.В. Бунака є найбільш відомою і часто використовується в роботах вітчизняних антропологів. Зазвичай коли говорять про “конституції за Бунаком”, мають на увазі саме цю схему. Однак В.В. Бунак розробив і ряд інших схем.

Наприклад, більш рання (схема 1937) заснована на співвідношенні ширини плечей і довжини ноги і включає 9 варіантів. В іншій схемі В.В. Бунак врахував взаємний розвиток жировідкладення і м'язового тонусу (за термінологією автора ці координати відповідають гіпер- і гіпотонії). При додатковому обліку зростання схема “розростається” до 27 соматотипів (табл. 12).

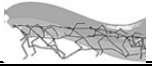
Таблиця 12

Конституційна типологія В.В. Бунака

Ознака		Довжина ноги		
		мала	середня	велика
Ширина плечей	мала	Арростоїдний тип	Гіпогармоїдний тип	Тейноїдний тип
	середня	Гіпостифроїдний тип	Гармоїдний тип	Паратейноїдний тип
	велика	Стифроїдний тип	Парагармоїдний тип	Гігантоїдний тип
Ознака		М'язовий тонус		
		слабий	середній	сильний
Жиро-відкладення	мале	Гіпотонічний тип (слабий грудний)	Оліготонічний м'язовий тип (грудний)	Гетеротонічний м'язовий тип (м'язово-грудний)
	середнє	Оліготонічний нутрітивний тип (грудно-черевний)	Мезотонічний тип (грудно-м'язовий)	Архітонічний м'язовий тип (м'язовий)
	сильне	Гетеротонічний нутрітивний тип (черевно-м'язовий)	Архітонічний нутрітивний тип (черевний)	Гіпертонічний тип (м'язово-черевний)

Схеми В.В. Бунака мають одну важливу властивість – вони дозволяє досить повно і з методичної точки зору цілком коректно описати безперервну мінливість статури чоловіків у вигляді невеликого числа уніфікованих дискретних типів. Однак деяка і, можливо, істотна частка інформації при цьому все ж губиться: на практиці до 30 % обстежуваних класифікуються як “невизначений тип”.

**Жіноча конституція за І.Б. Галантом.** Схеми, спеціально призначені для опису конституції жінок, розроблялися неодноразово. З них частіше використовується схема І.Б. Галанта. Автор виділив три групи типів, що розрізняються не тільки морфологічними, але і психофізіологічними особливостями, однак характеристику останніх він не представив.



Ознаками, за якими виділяються конституційні типи, є довжина тіла, ступінь жировідкладення, розвиток мускулатури, форма грудної клітки і живота, пропорції тіла. Окремі типи об'єднані в три групи:

- лептосомний тип конституції – характеризуються насамперед вузькою тілобудовою, переважним ростом в довжину;
- мезосомний тип конституції – головною характеристикою є середня або широка тілобудова, переважний ріст в ширину;
- мегалосомний тип конституції – відрізняється насамперед масивністю росту і великими розмірами, рівномірним зростанням в довжину і ширину (рис. 24).



**Рисунок 24. Конституційні типи жінок (за І.Б. Галантом):**  
**1 – астенічний; 2 – стенопластичний; 3 – пікнік; 4 – мезопластичний;**  
**5 – еуріпластичний; 6 – субатлетичний; 7 – атлетичний**

Тіло жінок *астенічного типу* худе, з вузькою, довгою і плоскою грудною кліткою, вузькими плечима і стегнами, сутулими плечима, запалим животом. Руки і ноги худі, при змиканні ніг – між стегнами залишається вільний простір. Мускулатура і жирова тканина розвинені дуже слабо. Згідно з оригінальним опису Галанта, зріст астенічек невисокий, проте насправді високий зріст зустрічається частіше, ніж низький. Типові риси обличчя – вузькість, блідість, сухість, незграбність, малі розміри підборіддя.

*Стенопластичний тип* відрізняється від астенічного більшою вгодованістю. При цьому пропорції тіла майже такі ж, але жировий і м'язовий компоненти розвинені значно краще. На практиці зріст стенопластічек звичайно середній або нижче середнього.

Фігура жінок *мезопластичного типу* має кремезні пропорції, широкі плечі і таз. Кістковий і м'язовий компоненти розвинені значно, але не надмірно. Жировий компонента розвинена також помірно. Зріст мезопластічек зазвичай середній. Обличчя мезопластічек, згідно класифікації Галанта, округле, широке, особливо в середній частині, з дещо зменшеною нижньою щелепою.

*Тип пікнік* відрізняється насамперед підвищеним жировідкладенням. Кінцівки, здаються укороченими через велику товщини. Тулуб повний, з укороченою шиєю, широкими округлими плечима, циліндричної грудною



кліткою, опуклим животом, широким тазом. Ноги товсті, стегна зімкнуті. Зріст пікнічек звичайно середній або нижче середнього. Голова і обличчя – округлені.

**Субатлетичний тип** схожий на стенопластичний, але помітно відрізняється високим ростом, кращим розвитком мускулатури, атлетичними пропорціями при збереженні жіночності. Такий тип часто зустрічається серед фотомоделей.

Жінки **атлетичного типу** характеризуються насамперед дуже потужним скелетом і сильною мускулатурою. Жировий компонент, навпаки, розвинений дуже слабо. Пропорції атлетічек більше нагадують чоловічі – широкі плечі, опукла грудна клітка, вузький таз, велика нижня щелепа. Тип частіше зустрічається серед професійних спортсменок.

Еуріпластичний тип поєднує ознаки атлетичного типу з підвищеним жировідкладенням. У еуріпластічек широкі плечі, великий ріст і значні відкладення підшкірного жиру.

**Соматотипи дітей і підлітків за В.Б. Штефко і А.Д. Островським.**

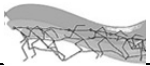
Окрему науково-практичну проблему являє визначення конституційних типів у дітей та підлітків. Як правило, застосування до дітей конституційних схем, розроблених для дорослих, призводить до значних помилок. Причини цього цілком зрозумілі й пояснювати їх не потрібно. Зарубіжні дослідники застосовують в цих цілях схеми У. Шелдона і Б. Хіт і Л. Картера.

Вітчизняні конституціонологи продовжують використовувати набагато простішу, але вельми практичну схему, розроблену В.Б. Штефко і А.Д. Островським (табл. 13).

**Таблиця 13**

**Конституційна схема для дітей В.Б. Штефко і А.Д. Островського**

Тип	Характеристика
Астеноїдний	діти зі слабким розвитком кісткового компонента, вузькою грудною кліткою, гострим надчеревній кутом, запалих животом, довгими худими ногами.
Торакальний	відрізняється від астеноїдного значним розвитком грудної клітки в довжину, об'ємними легкими, невеликим животом, великим носом.
Абдомінальний	діти цього типу мають невелику грудну клітку, помірний розвиток жирового шару і при цьому дуже великий живіт, що пов'язано з харчуванням переважно рослинною їжею. Травний тракт при цьому розвивається значно, а жир не накопичується, оскільки рослинна їжа дуже низькокалорійна.
М'язовий	діти з рівномірно розвиненим тулубом, широкими прямими плечима, розвиненою грудною кліткою, середнім надчеревним кутом. Контури м'язів у дітей виражені чітко. Обличчя квадратної або округлої форми.
Дігестивний	діти цього типу відрізняються короткою шиєю, короткою і широкою грудною кліткою, опуклим животом. У дітей дігестивного типу сильно розвинені жирові складки, надчеревний кут тупий. Обличчя в них широкі в нижній частині.
Невизначений	відносяться діти, яких не можна віднести ні до одного з інших

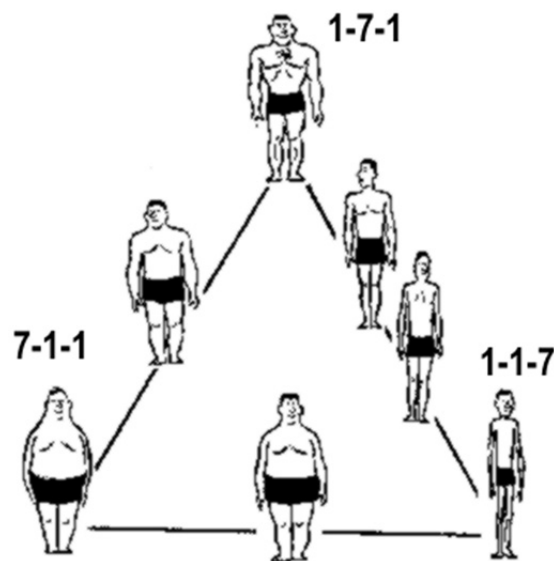


Спочатку вона призначалася для визначення конституційних типів як дітей, так і дорослих, проте в даний час використовується виключно по відношенню до дітей. Було виділено безліч варіантів складання, включаючи нормальні, типи із затримками росту і розвитку, патологічні типи. До нормальних було віднесено шість конституційних типів

**Конституції У. Шелдона (чи можлива безперервна типологія?).**

Система, розроблена американським антропологом У. Шелдоном, ще більш повно враховує безперервність мінливості в порівнянні зі схемами В.В. Бунака і І.Б. Галанта. Він запропонував оцінювати конституцію людини за трьома осями – векторами мінливості. Ці вектори приблизно відповідають розвитку зародкових листків (ендо-, мезо- і ектодерми), з яких виникають відповідно внутрішні органи, опорно-руховий апарат і покриви тіла з нервовою системою (Sheldon W., Tucker W.).

Таким чином, перша вісь являє характеристику **ендоморф**, виражену в жировому компоненті і розвитку внутрішніх органів. За другою віссю оцінюється **мезоморфія**, або кістково-м'язовий компонент. Третя вісь описується **ектоморфом** – відносний розвиток покривів тіла і нервової системи (рис. 25).



**Рисунок 25. Система соматотипування за Шелдоном: чистий ендоморф (7-1-1), чистий мезоморф (1-7-1), чистий екторморф (1-1-7)**

Ступінь вираженості ознак за трьома напрямками векторів оцінюється балами від 1 (мінімум) до 7 (максимум). Допустиме використання також і проміжних показників (наприклад, 1,5 тощо). У результаті кожен індивід може бути описаний у вигляді тризначного коду і знаходить своє чітке положення в системі координат (X-YZ).

Наприклад, **запис 7-1-1** відповідає крайньому ступеню **Ендоморф**. Людина, описана такою комбінацією цифр, володіє круглою головою, великим животом, дуже слабкою мускулатурою, у нього слабкі і мляві кінцівки з великою кількістю жиру на плечах і стегнах, тонкі кістки зап'ястя і передпліччя; він володіє відносно великими печінкою, селезінкою,



кишечником, а формою і розташуванням великих легенів і серця він відрізняється від представників інших крайніх варіантів.

**Запис 1-7-1** відповідає чистому **Мезоморфу** (людина з розвиненою м'язовою і кістковою системами, практично без жиру і зі слабким розвитком нервової системи). У нього масивна кубічна голова, широкі плечі і грудна клітка, мускулісті руки і ноги. Кількість підшкірного жиру мінімальна, профільні розміри невеликі.

**Запис 1-1-7** характеризує крайній варіант **Ектоморфу** (людина з відносно великою поверхнею шкіри і розвиненою нервовою системою, дуже худий, з дуже слабкою мускулатурою і тонкими кістками). У нього худе, видовжене обличчя, зрушене назад підборіддя, високий лоб, вузька грудна клітка і живіт, вузьке серце, тонкі й довгі руки і ноги. Підшкірний жировий шар майже відсутній, мускулатура нерозвинена. Явного ектоморфу абсолютно не загрожує ожиріння.

Виходячи з практики застосування своєї схеми, У. Шелдон визначив, що з теоретично можливих 343 комбінацій балів в реальності зустрічаються тільки 76 (з урахуванням можливої дрібності балів, а число потенційних соматотипів прагне до нескінченності) (Sheldon W. et al.). Описані вище крайні варіанти взагалі не відзначені, а найбільш звичайними, природними, є середні (нормальні) соматотипи (4-3-3, 3-4-4, 3-5-4 тощо). Зазвичай сума трьох балів не буває менше 9, але і не перевищує 12.

Оцінка балів за схемою У. Шелдона проводиться за допомогою комплексу досить кропітких спостережень: опису та вимірюванням з фотографій, розрахунку спеціальних показників, за допомогою сконструйованих автором таблиць. Найбільш спірним моментом в цій добре розробленій системі, крім надзвичайної трудомісткості методики, є застосування індексів, а також вихідні уявлення про норму мінливості (середніх значеннях векторів), покладеної в основу розрахунку балів.

**Для визначення жіночого соматотипа за схемою У. Шелдона** застосовуються ті ж категорії і та ж система координат, що і для чоловіків, а це веде до надлишку ендоморфного типу і повній відсутності балів 6 і 7 по мезоморфному компоненту.

Система У. Шелдона в її модифікації використовуються переважно в американській та англійській антропологічних школах. Незалежно від її теоретичного обґрунтування, вона досить зручна і інформативна.

**Система Б. Хіт і Л. Картера (конституція як відкрита система).** Розвиток традиції У. Шелдона запропоновано в конституційній системі Б. Хіт і Л. Картера. Для оцінки координат статури вони запропонували використовувати відкриту шкалу, що починається з нуля і не має верхньої межі (Heath B., Carter L.). Відповідно, суми балів, за допомогою яких описується соматотип, може теоретично бути менше 3 і більше 12.

Метод заснований на розрахунку стандартних рівнянь множинної регресії між соматотипом і антропометричними розмірами тіла і покликаний більш прямолінійно співставити компоненти з такими зручними ознаками, як





довжина тіла, вага, товщина жирових складок і ширина кістки. Використовується також і ваго-ростовий індекс.

Б. Хіт і Л. Картер вважали, що їх “універсальний соматотипологічний метод” дозволяє описувати конституцію “людей всіх національностей і рас, будь-якого віку і статі”. Власне це твердження, мабуть, недалеко від істини, хоча перевага методики в порівнянні з тією ж схемою У. Шелдона викликає великі сумніви.

**Конституції за В.П. Чтецовим, М.І. Уткіною і Н.Ю. Лутовіноюю.**

Найбільш часто в дослідженнях вітчизняних антропологів використовуються є схеми В.В. Бунака і І.Б. Галанта. Вони відрізняються від більшості інших простотою у використанні і більш-менш адекватним відображенням існуючої мінливості. Однак визначення типів за цими схемами проводиться виключно візуально, а значить, у великій мірі залежить від кваліфікації дослідника. Для формалізації методики В.П. Чтецовим, М.І. Уткіною і Н.Ю. Лутовіноюю була проведена спроба зробити основою соматичної схеми антропологічні виміри.

Згідно з цією схемою, безліч антропологічних вимірів (24 ознаки для чоловіків і 10 для жінок) за спеціальними таблицями перетворюються у бали. Окремо визначаються бали скелетного, м'язового і жирового компонентів, а для жінок – тільки кісткового та жирового. Потім по спеціальній сітці знаходиться відповідний конституційний тип. Початкове визначення значень балів засноване на рівняннях множинної регресії (як і в системі Б. Хіт і Л Картера).

**Для чоловіків, на відміну від схеми В.В. Бунака, додатково виділені астеничний і еурісомний типи.** Астеничний тип характеризується мінімальним розвитком м'язового і жирового компонентів. Еурісомний тип, навпаки, відрізняється максимальним розвитком м'язового, кісткового та жирового компонентів.

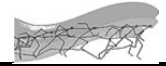
**Для жінок, на додаток до схеми І.Б. Галанта, виділені подваріанти астеничного типу – вузько- і ширококостий, а також низькорослий еуріпластичний.**

Незважаючи на те, що при створенні схеми була поставлена мета простоти і доступності її використання, насправді її застосування досить трудомістке. В даний час, з появою потужних обчислювальних машин, стали можливими набагато складніші обчислення з меншими витратами зусиль.

**Система В.Є. Дерябіна (апостеріорний підхід до опису мінливості).**

Проаналізувавши практично весь спектр наявних конституційних схем (а їх набагато більше, ніж ми з Вами розглянули), вітчизняний антрополог В.Є. Дерябін виділив два загальних підходи до вирішення проблеми безперервності і дискретності в конституціології:

- при апріорному підході автор схеми ще до її створення має власне уявлення про те, які бувають типи статури. Виходячи з цього, дослідник конструює свою типологію, роблячи акцент на тих ознаках або їх комплексах, які відповідають його апріорним уявленням про закономірності морфологічної мінливості. Цей принцип використаний в переважній більшості розглянутих вище конституціональних схем;



- апостеріорний підхід передбачає не просте накладення схеми індивідуального морфологічного розмаїття на об'єктивно існуючу мінливість – сама конституційна система будується виходячи з зафіксованого масштабу мінливості, з урахуванням її закономірностей. При такому підході теоретично краще враховувати об'єктивні закономірності морфо-функціональних зв'язків і корелювання ознак.

На підставі вимірів більш ніж 6000 чоловіків і жінок у віці від 18 до 60 років В.Є. Дерябін виділив три головних вектора соматичної мінливості. Разом вони представляють тривимірний координатний простір:

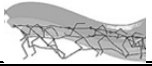
- перша вісь описує мінливість загальних розмірів тіла (габаритні розміри скелета) по координаті макро- і мікросомії. На один її полюс потрапляють люди з малими загальними розмірами (*мікросомія*). З протилежного боку розташовуються індивіди з великими розмірами тіла (*макросомія*);
- друга вісь розділяє людей за співвідношенням м'язового і кісткового компонентів (що визначають форму рухового апарату) і має варіацію від *лептосомії* (ослаблений розвиток м'язового компонента в порівнянні з розвитком скелета), до *брахісомії* (зворотне співвідношення компонентів);
- третя вісь описує мінливість величини підшкірного жировідкладення різних сегментів тіла і має два крайніх прояви – від *гіпоадіпозності* (слабке жировідкладення) до *гіперадіпозності* (сильне жировідкладення).

“Конституційний простір” відкрито з усіх боків, тому будь-яка людина може бути охарактеризована з його допомогою – в нього вписується вся існуюча конституційна мінливість. Практичне застосування здійснюється шляхом обчислення 6-7 типологічних показників за допомогою рівнянь регресії по 12-13 антропологічним вимірам. Регресійні рівняння представлені для жінок і чоловіків. За цими показниками знаходиться точне місце індивіда в тривимірному просторі конституціональної схеми.

Важливою властивістю системи В.Є. Дерябіна є можливість наочного відображення безперервності конституційної мінливості. Отримана схема являє собою відкриту систему: по кожній окремо або відразу по всіх представлених осях статури можуть бути легко знайдені статистичні зв'язки з будь-якими морфологічними, фізіологічними, психологічними та іншими ознаками.

### Контрольні питання

1. Що таке конституція? Які принципи та ознаки формування конституційних типів?
2. Які конституційні схеми Ви знаєте? Чи існують дискретні конституційні типи?
3. За якими принципами можна розділяти існуючі конституціональні системи?
4. Які основні конституційні типи існують (загальні для різних схем)?



5. Який Ваш конституційний тип (за якою схемою ви його визначаєте і чому)?
6. Що таке апостеріорний і апріорний підхід в конституціології?
7. У чому полягає концепція біохімічної індивідуальності людини?
8. Як пов'язана конституція з психікою людини?
9. Як успадковуються конституційні ознаки і їхні комплекси?
10. Як можна використовувати знання про конституцію в медицині?

### **Тестові завдання для самоконтролю знань**

- 1. Дайте визначення поняття “Антропология”?**
  - а) основні показники фізичного розвитку людини;
  - б) складові тотальних розмірів, що характеризують величину окремих частин;
  - в) спосіб вимірювання частин тіла;
  - г) співвідношення розмірів окремих частин тіла.
- 2. Найбільш інформативними показниками тілобудови спортсмена вважають:**
  - а) фізіологічні показники;
  - б) антропометричні параметри;
  - в) показники постави спортсмена;
  - г) такі показники не визначаються.
- 3. Під соматотипом розуміють?**
  - а) тип статури, що визначається на підставі антропометричних вимірювань;
  - б) систему індексів, що характеризує відмінності конституційних типів;
  - в) співвідношення тотальних розмірів тіла;
  - г) співвідношення парціальних розмірів тіла.
- 4. Ким були розроблені окремі конституційні схеми для чоловіків та жінок?**
  - а) К. Сіго та Е.Кречмером;
  - б) В. Бунаком та І. Галатном;
  - в) В. Штефко та А. Островським;
  - г) Б. Хітом та Л. Картером.
- 5. Конституційна схема для дітей і підлітків запропонована?**
  - а) К. Сіго та Е.Кречмером;
  - б) В. Бунаком та І. Галатном;
  - в) В. Штефко та А. Островським;
  - г) Б. Хітом та Л. Картером.

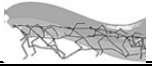


**6. У конституційній типології У. Шелдона виділяються такі соматотипи?**

- а) грудний, м'язовий, черевний;
- б) ендоморф, мезоморф, екоморф;
- в) лептосомний, мезосомний, мегалосомний;
- г) астеноїдний, м'язовий, дігестивний.

**6. Встановіть взаємозалежність між авторами конституційних схем та запропонованими ними соматотипами:**

- |   |                                |   |  |
|---|--------------------------------|---|--|
| 1 | Г. Віола та Л. Манувріс        | А | Лептосомний тип, мезосомний тип, мегалосомний                                |
| 2 | К. Сіго                        | Б | Лонгітип, нормотип, брахітип, змішаний тип                                   |
| 3 | Е. Кречмер                     | В | Ендоморф, мезоморф, екоморф  |
| 4 | В.В. Бунак                     | Г | Респіраторний, дігестивний, мускулярний, церебральний                        |
| 5 | І.Б. Галант                    | Д | Астенік, пікнік і атлетик  |
| 6 | В.Б. Штефко і А.Д. Островський | Е | Основний, проміжний, невизначений  |
| 7 | У. Шелдон                      | Ж | Астеноїдний, торакальний, абдомінальний, м'язовий, дігестивний, невизначений |



## ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 2.3

### КОНТРОЛЬ ЗА ФІЗИЧНОЮ ПІДГОТОВЛЕНІСТЮ ТА ПСИХОМОТОРНИМИ ЗДІБНОСТЯМИ СПОРТСМЕНІВ

#### *План практичного заняття*

1. Поняття про фізичні якості, основні форми їх прояву.
2. Метрологічний контроль за силовими якостями.
3. Метрологічний контроль за швидкісними якостями.
4. Метрологічний контроль за розвитком витривалості.
5. Метрологічний контроль за розвитком гнучкості.
6. Метрологічний контроль за розвитком координаційних здібностей.
7. Практичне завдання: конспект на тему “Контроль за фізичною підготовленістю в обраному виді спорту”.

#### *Рекомендована література*

1. Ашмарин Б.А. Теория и методика педагогических исследований в физическом воспитании. – М.: Знание, 1978. – 247 с.
2. Благуш П.К. К теории тестирования двигательных способностей. – М.: Физкультура и спорт, 1982. – 361 с.
3. Годик М.А. Система общеевропейских тестов для оценки физического состояния человека. / М.А. Годик, В.К. Бальсевич, В.Н. Тимошкин // Теория и практика физ.культуры. М., 1994. – № 5/6. – С. 24-32.
4. Клименко А.П. Практика тестирования. – М.: Физкультура и спорт, 1991. – 213 с.
5. Сергієнко Л.П. Спортивна метрологія: теорія і практичні аспекти: [підручник] / Л.П. Сергієнко. – К.: КНТ, 2010. – 776 с.

#### *Методичні рекомендації до практичного заняття*

**Фізичні якості** – це комплекс морфологічних і психофізіологічних властивостей людини, які відповідають вимогам будь-якого виду м'язової діяльності та забезпечують ефективність її виконання. Розрізняють п'ять основних фізичних якостей: **м'язова сила (силові здібності), швидкість (швидкісні здібності), координація (координаційні здібності), витривалість і гнучкість**. Кожна з них має різні форми прояву в різних видах рухової діяльності. Одержати точну інформацію про рівень розвитку рухових якостей (високий, середній, низький) можна за допомогою відповідних тестів.

**Поняття про координаційні здібності.** Поняття “координаційні здібності” в перекладі з латинського означає узгодження, супідрядність, приведення у відповідність. Виходячи з цього, координаційні здібності людини виконують важливу функцію в управлінні рухами, а саме: узгодження, упорядкування найрізноманітніших рухових дій людини в єдине ціле (систему) відповідно до поставленого рухового завдання. Отже, координаційні здібності характеризують можливості людини до організації та управління рухом.  
**Класифікувати координаційні здібності можна наступним чином:**



- реагуюча здатність, складається з двох своїх різновидів – слухової і зорової реакції;
- здатність, яка може диференціюватись, різновидами якої є здібності до диференціації просторових, часових і силових параметрів руху;
- здібність до рівноваги – статична і динамічна;
- орієнтаційна здатність, під якою розуміється вміння визначати положення тіла, а також рухи людини в просторово-часовому просторі;
- ритмічна здатність;
- здібність до переключення уваги в процесі рухової діяльності відповідно до задуманої програми дій або ситуації, що змінилася в ході її реалізації.

**Витривалість** набуває конкретного значення лише з урахуванням швидкості рухів або переміщень спортсмена. У відомому тесті Купера критерієм оцінки витривалості виступає швидкість бігу: чим вона вище, тим більша дистанція, яка долається за 12 хв. Фізіологічний механізм витривалості спортсмена завжди специфічний. Він формується конкретним руховим режимом, властивим спортивній діяльності і повною мірою реалізується тільки в умовах цього режиму. Зовнішнім показником витривалості людини є величина і характер змін різних біомеханічних параметрів рухової дії (довжина, частота кроків, час відштовхування, точність рухів тощо) на початку, у середині і в кінці роботи. Порівнюючи їх значення в різні періоди часу, можна визначити ступінь відмінності і рівень витривалості. Чим менше змінюються показники до кінця вправи, тим вище рівень витривалості.

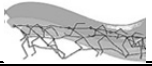
**Швидкість рухових дій і специфічні форми її прояву.** Швидкісні здібності – це комплекс функціональних властивостей людини, який забезпечує виконання рухових дій за мінімальним для даних умов проміжком часу. Швидкість слід розглядати як специфічну і багатофункціональну властивість ЦНС. **До специфічних форм вияву швидкості відносять:**

- латентний період рухової реакції (простой і складної);
- швидкість реалізації локального одиночного ненавантаженого руху (рукою, ногою, тулубом, головою);
- швидкість реалізації багатосуглобового руху, пов'язаного зі зміною положення тіла в просторі, а також перехід з однієї дії на іншу за відсутності значного зовнішнього опору;
- частота ненавантажених рухів.

Ці форми вияву швидкості незалежні (або мало залежні) одна від одної, не пов'язані (або мало пов'язані) з рівнем фізичної підготовленості і не знаходять істотної кореляції із швидкістю рухів або переміщень спортсмена, що вимагають від нього певних м'язових скорочень.

Виконання будь-якого руху або збереження будь-якої пози тіла людини обумовлено роботою м'язів. Величину зусилля, що розвивається при цьому, прийнято називати **силою м'язів**. **Силові здібності людини підрозділяються на два види:**

- власне силові, які виявляються в умовах статичного режиму та повільних рухів;

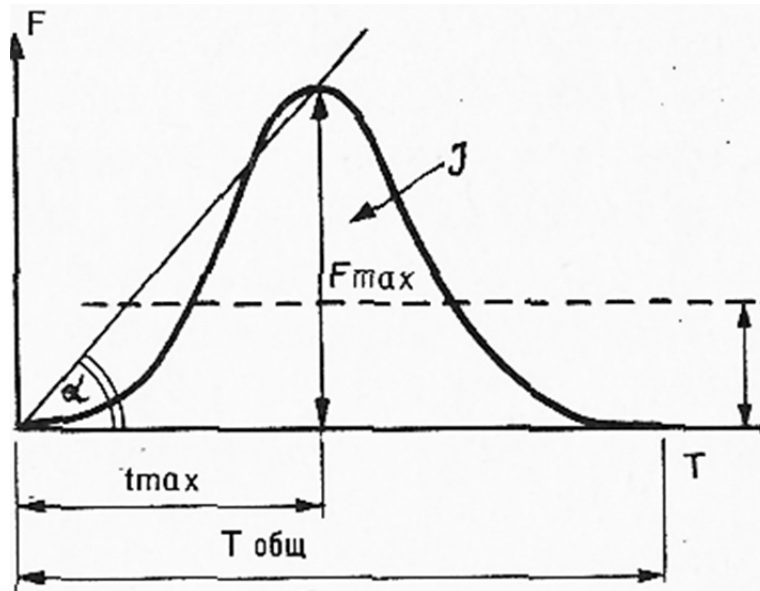


- швидко-силові, що виявляються при виконанні швидких рухів долаючого і поступального характеру або при швидкому переході від поступальної до долаючої роботи.

**Гнучкість** – комплекс морфологічних властивостей опорно-рухового апарату, що обумовлює рухливість окремих ланок людського тіла відносно одна одної. Гоніометрія є методом вимірювання **діапазону руху суглобів** (ДР) у лінійних одиницях (сантиметрах) і кутових (градусах). Показником рівня розвитку гнучкості є максимальна амплітуда (розмах) руху. Її виміряють у кутових градусах за допомогою гоніометрів або в лінійних заходах за допомогою сантиметрової стрічки. Для одержання точних даних про амплітуду різних рухів застосовуються такі оптичні методи реєстрації рухів, як кінозйомка, відеозапис, стереоциклографія, рентген-телевізійна зйомка та ультразвукова локація.

**Метрологічний контроль за силовими якостями.** Здатність долати зовнішній опір або протидіяти йому за допомогою м'язових зусиль називають **силовими якостями**. Від рівня їх розвитку істотно залежать досягнення фактично у всіх видах спорту, і тому методам контролю і вдосконалення силових якостей надається значна увага. **Під час контролю за силовими якостями звичайно враховують три групи показників:**

1. Основні:
  - а) миттєві значення сили у будь-який момент руху, зокрема **максимальна сила**;
  - б) **середня сила**;
2. Інтегральні – **імпульс сили**;
3. Диференціальні – **градієнт сили** (рис. 26).



**Рисунок 26. Схема динамограми:**

$F_{\max}$  – найвище значення сили;  $t_{\max}$  – час її досягнення;  
 $T_{\text{заг}}$  – загальний час дії сили;  $F_{\text{сеп}}$  – середня сила ( $I / T_{\text{заг}}$ );  
 $I$  – імпульс сили;  $F(t)$  – **градієнт сили** ( $F_{\max} / t_{\max} = \text{tga}$ )



**Максимальна сила** дуже наочна, але у швидких рухах порівняно погано характеризує їх кінцевий результат (наприклад, кореляція між максимальною силою відштовхування і висотою стрибка може бути близька до нуля). Згідно із законами механіки кінцевий ефект дії сили, зокрема зусилля, досягнуте в результаті зміни швидкості тіла, визначається **імпульсом сили**. Графічно це площа, диференційні показники якої обмежені кривою  $F(t)$ . Якщо сила постійна, то **імпульс** – це добуток сили і часу її дії. При чисельних розрахунках імпульсу сили проводиться операція інтеграції, тому цей показник називається інтегральним. Найбільш інформативний імпульс сили при контролі за ударними рухами (у боксі, по м'ячу тощо).

**Середня сила** – це умовний показник, рівний частці від ділення імпульсу сили на час її дії. Уведення середньої сили рівнозначне припущенню, що на тіло протягом того ж часу діяла постійна сила (рівна середній).

Диференційні показники розраховують у результаті застосування математичної операції диференціювання. Вони показують, як швидко змінюються миттєві величини сили.

#### **Розрізняють два способи реєстрації силових якостей:**

- без вимірювальної апаратури (у цьому разі оцінка рівня силової підготовленості проводиться за найбільшою вагою, яку здатний підняти або утримати спортсмен);
- з використанням вимірювальних пристроїв – динамометрів або динамографів.

Оцінити будь-які силові показники можна за допомогою **тензометричних силовимірювальних пристроїв**.

Вимірювання максимальної сили використовується для характеристики, по-перше, абсолютної сили, що проявляється без урахування часу, і, по-друге, сили, час дії якої обмежений умовами руху. **Максимальна сила вимірюється в специфічних і неспецифічних тестах.** У першому випадку реєструють силові показники у змагальній вправі або вправі, близькій до неї за структурою рухових якостей. В залежності від способу результатом вимірювання виділяють: **максимальну статичну силу та максимальну динамічну силу.**

У масовому спорті, в більшості випадків, визначення сили проводять без вимірювальних пристроїв за результатами виконання тренувальних або змагальних вправ. Існує два способи контролю: прямий і непрямий. У першому випадку максимум сили відповідає тій найбільшій вазі, яку може підняти спортсмен в технічно порівняно простому русі, наприклад жимі штанги лежачи. Застосовувати для цього координаційно складні рухи, наприклад ривок штанги, недоцільно, оскільки результат у них у значній мірі залежить від технічної майстерності.

У другому випадку вимірюють не стільки абсолютну силу, скільки швидко-силові якості або силову витривалість. Для цього використовують такі вправи, як стрибки в довжину і висоту з місця, метання набивних м'ячів, підтягування тощо. Про рівень розвитку якостей судять за просторовими, часовими та кількісними характеристиками, виходячи із залежності між силою і швидкістю руху.





**Метрологічний контроль за швидкісними якостями.** Швидкісні якості спортсменів проявляються в здатності виконувати рухи за мінімальний проміжок часу. Розрізняють прості та складні рухові реакції.

- **прості реакції** – це відповідь наперед відомими діями на наперед заданий (що раптово з'являється) подразник – сигнал; виділяють три форми елементарного прояву швидкісних якостей, які відносно незалежні одна від одної (час поодинокого руху, частота (темп) локальних рухів, латентний (скритий) час реакції);
- **складні реакції** передбачають різні дії в залежності від характеру поданого подразника, сигналу; виділяють реакції вибору і реакції на рухомий об'єкт.

Час виконання будь-якої вправи завжди складається з двох величин: **часу реакції і часу руху**. Наприклад, результат в бігу на 100 м, який дорівнює 10,5 с складається з часу реакції на старті (0,15 с) і часу пробігу (10,35 с).

Інформативний показник – час руху – найбільший в іграх і невеликий в тривалих вправах циклічного характеру. Наприклад, час специфічної реакції в боксі і фехтуванні коливається в межах 50 % від загальних затрат часу на виконання вправи – 0,3-0,7 с, в бігу на 100м – 0,15 с, на більш довгих дистанціях він становить 0,02 %.

**Тривалість реакцій залежить від багатьох факторів:** виду спорту, віку кваліфікації і стану спортсмена в момент вимірювання, складності освоєності руху, яким він реагує на сигнал, типу сигналу тощо.

**Частота рухів та латентний час реакції в процесі тренування можуть бути значно покращені.** Це пов'язано з формуванням раціональної міжм'язової координації та утворенням стійкого рухового навичку. **Час поодинокого руху характеризується індивідуальними особливостями будови м'язової тканини і в процесі тренувань підвищити її практично не вдається** (генетично задана форма). Цей феномен може бути використаний при відборі юних спортсменів для їх подальшої спортивної спеціалізації.

**В рухових реакціях відрізняють наступні фази:**

- сенсорна фаза (від моменту подачі сигналу, подразника до перших ознак м'язової активності, що звичайно виявляється за електроміограмами);
- премоторна фаза (до початку руху біоланки). Перші дві фази утворюють латентний (прихований) час реакції;
- моторна фаза (від початку руху до його завершення, наприклад: удар по м'ячу).

В цілому, **контрольні вправи (тести) для оцінки швидкісних здібностей поділяються на чотири групи:**

1. для оцінки швидкості простої і складної реакції;
2. для оцінки швидкості одиничного руху;
3. для оцінки максимальної швидкості рухів у різних суглобах;
4. для оцінки швидкості, що проявляється в цілісних рухових діях, частіше всього у бігу на короткі дистанції.



**Контрольні вправи для оцінки швидкості простої та складної реакції.** Час простої реакції виміряють в умовах, коли наперед відомий і тип сигналу, і спосіб відповіді (наприклад, при загоранні лампи відпустити кнопку, на постріл стартера почати біг тощо). У лабораторних умовах час реакції на світло, звук виміряють за допомогою хронорефлексометрів, які визначають час реакції з точністю до 0,01 або 0,001 с.

В умовах змагань час простої реакції виміряють за допомогою контактних датчиків, які поміщуються в стартові колодки (легка атлетика), стартову тумбу в басейні (плавання) тощо.

Складна реакція характеризується тим, що тип сигналу і, унаслідок цього, спосіб відповіді невідомі (такі реакції властиві переважно іграм і єдиноборствам). Зареєструвати час такої реакції в умовах змагань досить важко. У лабораторних умовах час реакції вибору виміряють наступним чином: досліджуваному пред'являють слайди з ігровими або бойовими ситуаціями. Оцінивши ситуацію, випробовуваний реагує або натисненням кнопки, або словесною відповіддю, або спеціальною дією.

Серед **контрольних вправ для оцінки швидкості поодиноких рухів** виділяють час удару, передачі м'яча, кидка, одного кроку тощо. Такі дані отримують за допомогою біомеханічної апаратури.

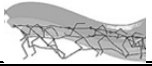
**Контрольні вправи для оцінки максимальної частоти рухів у різних суглобах.** Частоту рухів рук, ніг оцінюють за допомогою теппінг-тестів. Реєструється число рухів руками (по черзі або однією) або ногами (по черзі або однією) за 5-20, 60 сек.

**Контрольні вправи для оцінки швидкості, яка проявляється в цілісних рухових діях.** Біг на 30, 50, 60, 100 м на швидкість подолання дистанції (з низького і високого старту). Вимірювання часу здійснюється двома способами: вручну (секундоміром) і автоматично за допомогою фотоелектронних і лазерних пристроїв, які дозволяють фіксувати найважливіші показники: динаміку швидкості, довжину та частоту кроків, час окремих фаз руху.

**Метрологічний контроль за розвитком витривалості.** Витривалість – це здатність тривало виконувати вправи без зниження їх ефективності. Вправ, які використовуються в спортивній практиці багато, і вони різнохарактерні (за структурою, тривалістю, складністю тощо), тому виділяють різні види витривалості (загальну і спеціальну, анаеробну і аеробну, силову, локальну і глобальну, статичну і динамічну).

Це визначення відображає прояви витривалості фактично у всіх видах спорту, винятком є циклічні змагальні вправи. Спортсмен, що виконує їх довше за інших, виявляється останнім на змаганнях і, отже, найменш витривалим. Для цих вправ витривалість – це здатність виконувати завдання з найбільшою швидкістю в якнайменший час.

Прояви витривалості різноманітні і залежать від специфіки виду спорту. Так, у спортивних іграх витривалим вважається спортсмен, здатний підтримувати заданий темп до кінця гри. При цьому кількість помилок в техніко-тактичних діях до кінця гри не має підвищуватися. Аналогічні прояви



витривалості в спортивному єдиноборстві, проте конкретні показники вимірювання цієї якості тут зовсім інші.

**При вимірюванні витривалості потрібно враховувати такі моменти:**

1. в основі різних проявів витривалості лежать різні механізми енергозабезпечення; величина, що характеризує їх місткість, є важливим критерієм витривалості;
2. потужність й ефективність роботи цих механізмів залежить від техніко-тактичної майстерності спортсменів і, перш за все, від ефективності техніки;
3. прояви витривалості і вольові якості (те, що в спорті називають “умінням терпіти”) взаємопов’язані. Відомо немало випадків, коли при тому самому руховому потенціалі (за енергетичними критеріями) спортивні прояви витривалості різних спортсменів були неоднакові.

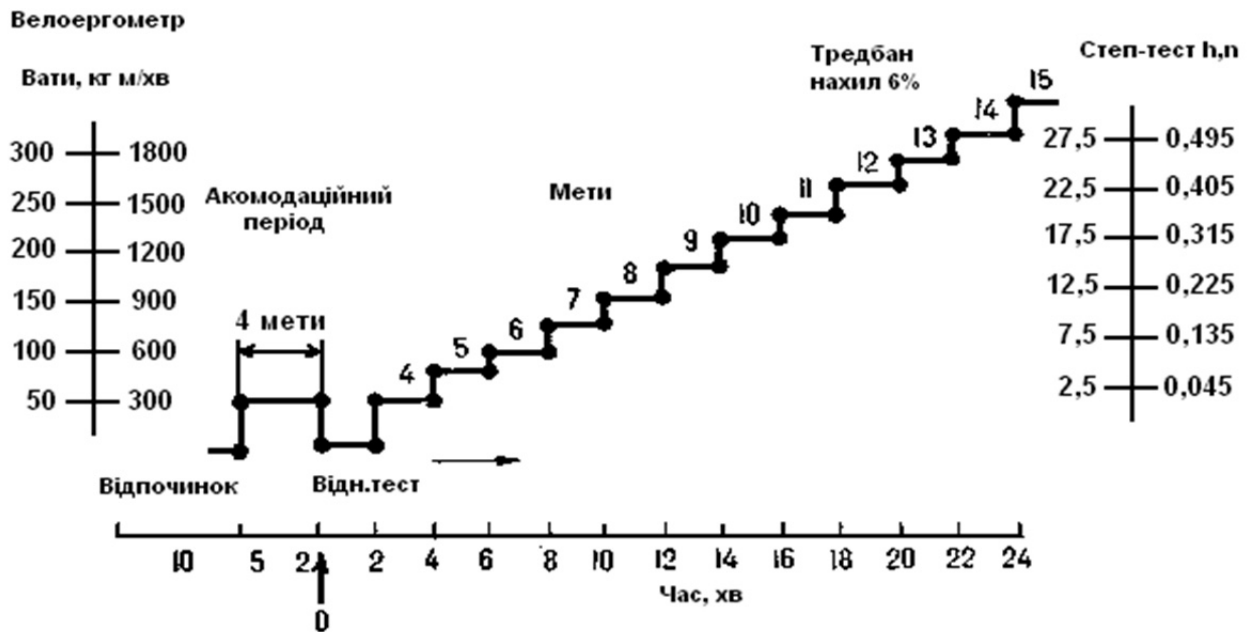
**Близьке до поняття “витривалість” поняття “фізична працездатність”, яке визначає можливість людини виконувати фізичну роботу.** Тому у ряді випадків методи вимірювання цих якостей спортсмена однакові.

Одним з основних критеріїв витривалості є час, протягом якого людина здатна підтримувати задану інтенсивність діяльності. На основі цього критерію розроблений прямий і непрямий способи вимірювання витривалості. При прямому способі випробовуваному пропонують виконувати завдання (наприклад, біг) із заданою інтенсивністю (60 %, 70 %, 80 % або 90 % від максимальної швидкості). Сигналом для припинення тесту є початок зниження швидкості виконання даного завдання. У практиці фізичного виховання загалом застосовується непрямий спосіб, коли витривалість визначається за часом подолання якої-небудь довгої дистанції. Так, наприклад, для учнів молодших класів довжина дистанції складає 600-800 м; середніх класів – 1000-1500 м; старших класів – 2000-3000 м. Використовуються також тести з фіксованою тривалістю бігу – 6 хв або 12 хв. У цьому випадку оцінюється відстань, яка долається за даний час.

У спортивній діяльності витривалість може вимірюватися за допомогою **неспецифічних** (оцінюються потенційні можливості спортсменів) і **специфічних** (результати цих тестів указують на ступінь реалізації цих потенційних можливостей) **тестів**. **До неспецифічних тестів визначення витривалості належать:**

- біг на тредбані;
- педалювання на велоергометрі;
- степ-тест.

Загальна схема виконання цих тестів стандартизована: розминка – приблизно 7 хвилин; відпочинок – 3-5 хвилин, протягом якого контролюється робота датчиків, укріплених на спортсмені, і вимірювальних систем; після чого виконується навантаження, що зростає ступінчасто: перший ступінь – навантаження 50 Вт (300 кг·м/хв, 4 мети). Потім кожні 2 хвилини навантаження зростає так, як відмічено на рисунку 27.

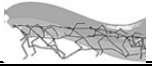


**Рисунок 27. Методика проведення неспецифічних тестів для визначення витривалості**

Під час виконання тесту вимірюються як ергометричні (час, об'єм та інтенсивність виконання завдань), так і фізіологічні показники (максимальне споживання кисню – МСК, частота серцевих скорочень – ЧСС, поріг анаеробного обміну – ПАНО тощо).

Специфічними вважають такі тести, структура виконання яких близька до змагальної. Тому для бігунів тестування на тредбані і для велосипедистів на велоергометрі необхідно розглядати як вимірювання витривалості в специфічних завданнях. Встановлено, що інформативність специфічних тестів вища, ніж неспецифічних. Проте умови їх виконання (особливо в іграх і єдиноборстві) важко стандартизувати, і тому надійність таких тестів не завжди прийнятна.

**Найпоширенішими показниками витривалості є три ергометричні критерії:** час, обсяг та інтенсивність виконання завдань. У процесі контролю один із цих трьох критеріїв задається у вигляді параметра (наприклад, спортсмен повинен бігти протягом 12 хвилин); другий вимірюється безпосередньо (реєструється відстань, яку пробіг спортсмен за ці 12 хвилин; наприклад, 3500 м); третій розраховується (для цього випадку розрахункова швидкість бігу становить  $4,86 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ ). Основні реєстраційні ергометричні показники витривалості наведені в таблиці 14.



Таблиця 14

## Ергометричні показники витривалості

Параметр, що задається	Параметр, що вимірюється	Параметр, що розраховується	Приклад
Час виконання тесту	а) дистанція, м б) робота, Дж в) імпульс сили, Нс	Середня швидкість, $\text{м}\cdot\text{с}^{-1}$ Середня потужність, Вт Середня сила, Н	Біг протягом 12 хв Педалювання на велоергометрі протягом 12 хв Упор, руки в сторони, на кільцях (“хрест”) 5 с
Інтенсивність виконання тесту: а) швидкість, $\text{м}/\text{с}$ б) потужність, Вт в) сила, Н	Час виконання тесту, с	Дистанція, м Робота, Дж Імпульс сили, Нс	Біг із швидкістю $5 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ Педалювання на велоергометрі з навантаженням 200 Вт Утримання вантажу 10 кг (98 Н) прямою рукою в горизонтальному положенні
Обсяг тесту: а) дистанція, м б) робота, Дж в) імпульс сили, Нс	Час виконання тесту, с	Середня швидкість, $\text{м}\cdot\text{с}^{-1}$ Середня потужність, Вт Середня сила, Н	Біг 3000 м Педалювання на велоергометрі Відштовхування в бігу

Аналіз таблиці 14 показує, що витривалість у більшості випадків характеризується за допомогою “граничних показників” (наприклад, пробігти найбільшу відстань у заданий час; гранично довго підтримувати задану швидкість тощо). Величина всіх цих показників залежить від співвідношення як мінімум двох компонентів тесту: тривалості й інтенсивності.

Витривалість вимірюється за допомогою гетерогенних тестів, результати яких залежать не тільки від рівня цієї якості, а й психічного уміння протистояти стомленню. Однакові значення показників граничного часу, часу роботи, максимального кисневого боргу тощо у декількох спортсменів ще не дають підстави стверджувати, що в них однакова витривалість. Наприклад, один спортсмен виконує тест з повною мобілізацією вольових якостей, інший припиняє тест задовго до вичерпання енергетичних ресурсів, при появі перших ознак стомлення. Отже, у першого необхідно підвищувати в тренувальному процесі витривалість, у другого – вольові якості.

**Специфічними вважаються тести, структура виконання яких близька до змагальної.** За допомогою специфічних тестів виміряють витривалість при виконанні певної діяльності в плаванні, лижних гонках, спортивних іграх, єдиноборстві, гімнастиці.



**Витривалість конкретного спортсмена залежить від рівня розвитку в нього інших рухових якостей** (наприклад, швидкісних, силових тощо). Слід урахувати абсолютні і відносні показники витривалості. При абсолютних – не враховуються показники інших рухових якостей, а при відносних – враховуються. Припустимо, що два бігуни пробігли 300 м за 51 сек. За одержаними результатами (абсолютний показник) можна оцінити рівні їх швидкісної витривалості як однакові. Ця оцінка буде справедлива лише в тому випадку, якщо максимальні швидкісні можливості теж будуть рівними. Але якщо в одного з них максимальна швидкість бігу вище (наприклад, він пробігає 100 м за 14,5 сек.), ніж у іншого (100 м за 15 сек.), то рівень розвитку витривалості в кожного з них відносно своїх швидкісних можливостей неоднаковий. Висновок: другий бігун більш витривалий, ніж перший. Кількісно цю відмінність можна оцінити **за відносними показниками. Найвідомішими у фізичному вихованні та спорті відносними показниками витривалості є запас швидкості, індекс витривалості, коефіцієнт витривалості.**

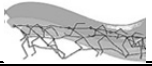
**Запас швидкості ( $Z_{ш}$ )** визначається як різниця між середнім часом подолання будь-якого короткого, еталонного відрізка (наприклад, 30, 60, 100 м у бігу, 25 або 50 м у плаванні тощо) при проходженні всієї дистанції і кращому часі на цьому відрізку. Наприклад, кращий час бігу на 100 м учня 16 років рівний 14,0 с. Час бігу на 2000 м складає 7 хв. 30 с., або 450 с., а середній час бігу на 100 м у бігу на 2000 м дорівнює  $450:20 = 22,5$  сек. Запас швидкості в даному прикладі:  $22,5 - 14,0 = 8,5$  сек. **Чим менше запас швидкості, тим вище рівень розвитку витривалості.** Так само можна оцінити запас швидкості в плаванні, лижних гонках, при їзді на велосипеді та інших циклічних видах спорту.

**Індекс витривалості ( $I_v$ )** – це різниця між часом подолання довгої дистанції і тим часом на цій дистанції, який показав би випробовуваний, якби подолав її з швидкістю, яку показав на короткому (еталонному) відрізку. Наприклад, кращий час бігу на 100 м учня 16 років дорівнює 14,0 с. Час його бігу на 2000 м складає 7 хв 30 с, або 450 с.  $I_v = 450 - (14 \times 20) = 170$  сек. **Чим менше індекс витривалості, тим вище рівень розвитку витривалості.**

**Коефіцієнт витривалості ( $K_v$ )** – відношення часу подолання всієї дистанції до часу подолання еталонного відрізка. Наприклад, час бігу у випробовуваного на 300 м дорівнює 51 с, а час бігу на 100 м (еталонний відрізок) – 14,5 с. У цьому випадку коефіцієнт витривалості складає  $51,0 : 14,5 = 3,52$ . **Чим менше коефіцієнт витривалості, тим вище рівень розвитку витривалості.**

Як показники витривалості використовуються і **біомеханічні критерії**, такі, наприклад, як точність виконання кидка в баскетболі, час опорних фаз у бігу, коливання загального центру мас в русі. Порівнюють їх значення на початку, середині та в кінці вправ. За величиною відмінностей судять про рівень витривалості: **чим менше змінюються біомеханічні показники в кінці вправи, тим вище рівень витривалості.**

**Метрологічний контроль за розвитком гнучкості.** Основним критерієм оцінки гнучкості є найбільша амплітуда рухів, яка може бути



досягнута спортсменом. **Амплітуду рухів вимірюють у кутових градусах або в лінійних вимірах, використовуючи апаратуру або педагогічні тести.** Апаратними способами вимірювання є: механічний (за допомогою гоніометра); механоелектричний (за допомогою електрогоніометра); оптичний; рентгенографічний.

У першому випадку гнучкість вимірюють за допомогою **механічного гоніометра** – кутоміра, до однієї з ніжок якого прикріпленій транспортер. Ніжки гоніометра кріпляться на подовжніх осях сегментів, що утворюють суглоб. При виконанні руху (згинанні, розгинанні, обертанні тощо) змінюється кут між осями сегментів, і ця зміна реєструється гоніометром. Якщо транспортер замінити датчиком потенціометра, вийде **електрогоніометр**. Вимірювання з його допомогою дають змогу одержати гоніограму. Цей метод контролю більш точний; крім того, він дозволяє прослідити за зміною суглобових кутів у різних фазах руху. **Оптичні методи вимірювання гнучкості** засновані на застосуванні фото-, кіно-, відеореєстрації. На суглобових точках тіла спортсмена закріплюють датчики-маркери; зміна їх взаємного розташування фіксується реєструючою апаратурою. Подальша обробка фотознімків або фотоплівки дозволяє визначити рівень розвитку гнучкості. Найточнішим з оптичних методів є **стереоциклографія**, що дозволяє реєструвати амплітуду рухів у тривимірному просторі. **Рентгенографічний метод** дозволяє визначити теоретично допустиму амплітуду руху, розрахувавши її на підставі рентгенологічного аналізу будови суглоба.

У фізичному вихованні найдоступнішим і розповсюдженим є спосіб вимірювання гнучкості за допомогою механічного гоніометра – кутоміра. При виконанні згинання, розгинання або обертання визначають кут між осями сегментів суглоба.

**Розрізняють два типи показників гнучкості, значення яких залежать від способу її вимірювання.** При вимірюванні **активної гнучкості** тест виконується тільки за рахунок активності м'язів. **Пасивна гнучкість** визначається за тією найбільшою амплітудою, яка може бути досягнута за рахунок зовнішньої сили. Величина її повинна бути однаковою для всіх вимірювань, тільки в цьому випадку можна одержати об'єктивну оцінку пасивної гнучкості.

Величину пасивної гнучкості визначають у момент, коли дія зовнішньої сили викликає хворобливе відчуття. Отже, **показники пасивної гнучкості гетерогенні** і залежать не стільки від стану м'язового і суглобового апаратів, скільки від здатності спортсмена певний час витримувати неприємні відчуття.

Різниця між величинами активної і пасивної гнучкості (у сантиметрах або кутових градусах) називається **дефіцитом активної гнучкості** (ДАГ) і є критерієм стану суглобового і м'язового апарату спортсмена.

**Реєстровані показники гнучкості залежать** від часу тестування (найвищі показники гнучкості проявляються в межах 11-13 годин та 16-18 годин, а в ранкові та вечірні години рухливість в суглобах знижена), температури повітря (при 30°C гнучкість більша, ніж при 10°C), що слід урахувати при повторних вимірюваннях гнучкості. Необхідно також



стандартизувати розминку (під її впливом, як відомо, дещо підвищується температура м'язів і відповідно збільшується гнучкість).

**Еквівалентність тестів гнучкості невелика:** спортсмен, гнучкий в одних рухах, може мати невисокі показники гнучкості в інших. Тому комплексна оцінка гнучкості можлива, якщо вона вимірюється в різних завданнях (у різних суглобах).

**Метрологічний контроль за розвитком координаційних здібностей.** Координація спортсменів, в більшості випадків, оцінюється за показниками спритності і здатністю зберігати рівновагу.

**Спритність** у спортивній діяльності визначають як здатність, яка забезпечує швидкість освоєння нових рухів, швидкість перебудови структури рухових дій відповідно до несподівано змінних умов. Ця рухова якість не має єдиного критерію оцінки. Про ступінь її розвитку можна судити в деякій мірі за часом, витраченим на освоєння нових форм рухових дій або на перебудову вже освоєних. Для оцінки спритності можна використовувати тест, що полягає в швидкості проходження дистанції з різними перешкодами. Із цією метою можна також використовувати кидки м'яча в ціль. Як тести для визначення координації рухів можна рекомендувати також вправи, в основі яких лежать асиметричні рухи руками в різних площинах.

**Рівновага** – це здатність спортсмена зберегти стійке положення тіла в статиці і динаміці. Відповідно до цього розрізняють статичну рівновагу (рівновага в статичних положеннях) і динамічну рівновагу (рівновага в русі). Ці показники слабо залежать один від одного.

**Стійкість рівноваги в умовах опори** залежить, перш за все, від положення загального центру мас стосовно до площі опори; від величини самої площі опори; від висоти снаряда, що служить опорою; від швидкості руху тіла; від складності виконання рухів тощо. Для оцінки рівноваги можна використовувати тест А.І. Яроцького. Він полягає в тому, що спортсмен приймає положення основної стійку, очі заплющені. За командою він починає безперервно повертати голову в одну сторону в темпі два рухи в секунду. Відлічуючи час від початку руху головою до моменту втрати рівноваги, тест оцінюється таким чином: 35 с – відмінно, 20 с – добре, 16 с – задовільно.

**Практичне завдання:** скласти конспект на тему “Контроль за фізичної підготовленістю в обраному виді спорту”. В конспекті має бути перелік тестових вправ (по 4-5 на кожен фізичну якість), з описанням методики проведення тестування, зазначенням необхідного інвентарю для проведення тестування та системою оцінювання наведених тестових завдань. Структурно конспект має бути оформлений за схемою – від провідних фізичних якостей та їх проявів в обраному виді спорту до індиферентних.





### **Контрольні питання**

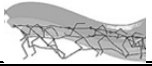
1. Що таке фізична підготовленість? В чому її відмінність від показників фізичних якостей?
2. В чому полягає сутність взаємозв'язку понять задатки – здібності – можливості – прояви?
3. Що таке фізична підготовленість та фізична підготовка? В чому різниця термінологічних понять?
4. Окресліть структуру силових якостей людини? Дайте характеристику їх комплексного контролю.
5. Як здійснюється контроль швидкісної сили?
6. Як контролюються комплексні форми прояву швидкісних якостей?
7. Яким способами можна визначити амплітуду рухів спортсмена?
8. Охарактеризуйте поняття “витривалість” та “фізична працездатність”?
9. Що таке запас швидкості, індекс та коефіцієнт витривалості?
10. Визначте специфіку метрологічного контролю координаційних здібностей в спортивній діяльності?
11. Які види координаційних здібностей Ви знаєте?

### **Тестові завдання для самоконтролю знань**

- 1. Гнучкість у суглобах визначається за допомогою методу:**
  - а) акселерометри;
  - б) гоніометрії;
  - в) відеозапису;
  - г) велоергометрія.
- 2. Для чого в системі спортивної підготовки використовується тензометрична апаратура:**
  - а) визначення рухливості у суглобах;
  - б) визначення опорних реакцій під час виконання вправ;
  - в) визначення координаційних здібностей спортсменів;
  - г) визначення витривалості.
- 3. Дослідження рухливості у суглобах за допомогою оптичних методів реєстрації можливе за рахунок:**
  - а) використання світлових маркерів;
  - б) використання спеціальних датчиків;
  - в) використання ергометрів;
  - г) використання комп'ютерних технологій.
- 4. Швидкісні якості спортсменів поділяються на:**
  - а) прості і складні;
  - б) локальні та ізольовані;
  - в) швидкісно-силові та силові;
  - г) всі вищеперераховані.



- 5. Серед всіх проявів швидкісних здібностей генетично заданою формою є:**
- а) частота рухів;
  - б) реакція на рухомий об'єкт;
  - в) латентний час реакції;
  - г) час поодинокого руху.
- 6. Реакція антиципації, як швидкісна якість, - це:**
- а) здатність передбачити ситуацію;
  - б) відповідний прояв швидкісно-силових показників;
  - в) можливість виконувати складанокоординаційні вправи.
- 7. В практиці фізичного виховання силові показники представлені:**
- а) силовими та швидкісними показниками;
  - б) основними, інтегральними та диференціальними показниками;
  - в) максимумом сили та середньою силою;
  - г) градієнтом сили та індексом реактивності.
- 8. Рівень наростання вибухової сили характеризується:**
- а) диференціальними силовими показниками;
  - б) швидкісно-силовими показниками;
  - в) показниками витривалості спортсмена;
  - г) такі показники не визначаються.
- 9. Рівень прояву витривалості спортсмена контролюється за допомогою:**
- а) простих тестів;
  - б) технічних вправ;
  - в) специфічних та неспецифічних тестів;
  - г) абсолютних показників.
- 10. Коефіцієнт витривалості – це:**
- а) абсолютний показник витривалості;
  - б) різниця між середнім часом бігу на всій дистанції та кращим часом на її короткому відрізку;
  - в) відношення часу подолання всієї дистанції до кращого часу подолання її відрізка;
  - г) відносний показник витривалості.
- 11. Під час вимірювання гнучкості спортсмена обов'язково враховують:**
- а) фізіологічні показники;
  - б) антропометричні показники;
  - в) біохімічні показники;
  - г) нічого не враховується.



## ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 2.4

РОЗРАХУНКОВА РОБОТА:  
МЕТОДИКА КОМПЛЕКСНОЇ ОЦІНКИ  
ФІЗИЧНОГО СТАНУ СПОРТСМЕНА

**Мета роботи:** навчити студентів визначати фізичний стан спортсменів за допомогою комплексної методики та на цій основі будувати профіль фізичного стану спортсмена.

**Рекомендована література**

1. Годик М.А. Система общеевропейских тестов для оценки физического состояния человека. / М.А. Годик, В.К. Бальсевич, В.Н. Тимошкин // Теория и практика физ.культуры. М., 1994. - № 5/6. – С. 24-32.

**Хід роботи:**

1. Проведення тестування.
2. Розрахувати значення показників за наступними тестами:
  - 2.1. **ВІК.** Кількість балів відповідає числу повних років.
  - 2.2. **МАСА ТІЛА.** Ідеальна маса тіла (норма) розраховується за формулою:  
для жінок  $M_{ж} = 50 + (l - 150) \cdot 0.32 + 0.2 \cdot (t - 21)$ , кг;  
для чоловіків  $M_{ч} = 50 + (l - 150) \cdot 0.32 + 0.25 \cdot (t - 21)$ , кг;  
де  $l$  і  $t$  - зріст і вік досліджуваного, відповідно в см і повних роках.  
Бали нараховуються за наступною формулою:  
$$П_2 = 5 + 5 \cdot (M_{н} - M_{ф})$$
  - 2.3. **АРТЕРІАЛЬНИЙ ТИСК (АТс)** – систолічний в нормі відповідає:  
для жінок  $АТс_{н} = 102 + 0.7t + 0.15 M_{ф}$ ;  
для чоловіків  $АТс_{н} = 109 + 0.5t + 0.10 M_{ф}$ ,  
де  $t$  і  $M_{ф}$  – вік і маса тіла досліджуваного, відповідно в повних роках та кг.
  - 2.4. **АРТЕРІАЛЬНИЙ ТИСК (АТд)** – діастолічний в нормі відповідає:  
для жінок  $АТд_{н} = 78 + 0.17t + 0.10 M_{ф}$ ;  
для чоловіків  $АТд_{н} = 74 + 0.1t + 0.16 M_{ф}$ ,  
де  $t$  і  $M_{ф}$  – вік і маса тіла досліджуваного, відповідно повних роках.  
Оцінка: виміряти власні  $АТс_{ф}$  і  $АТд_{ф}$ .  
Бали нараховуються за наступною формулою:  
$$П_{3,4} = 30 + (АТ_{н} - АТ_{ф})$$
  - 2.5. **ЧАСТОТА СЕРЦЕВИХ СКРОЧЕНЬ (ЧСС).** Визначити ЧСС в стані спокою ( $ЧСС_{ф}$ ). Бали нараховуються за наступною формулою:  
$$П_5 = 90 - ЧСС_{ф}$$
  - 2.6. **ГНУЧКІСТЬ (Г).** Стати на сходинку (лавочку) висотою 30-50 см. Не згинаючи ніг в колінах нахилитись вперед і відмітити величину максимального рівня торкання лінійки пальцями рук. Затриматись в цьому положенні не менше 2 с. З трьох спроб взяти найбільшу величину.



Результат визначити, як різницю між величиною рівня торкання пальцями лінійки і положенням стоп ніг. Бали нараховуються за наступною формулою:

$$П_6 = 1 + (\Gamma_{\Phi} - \Gamma_{\text{Н}}).$$

2.7. **ШВИДКІСТЬ (Ш)**. Для оцінки необхідна сантиметрова лінійка довжиною 40-60 см. Тест виконується стоячи. Долоня основної руки з витягнутими пальцями витягнута вперед (ребро долоні вниз). Помічник тримає лінійку паралельно долоні досліджуваного на відстані 1-2 см. Нульова відмітка лінійки – на рівні нижнього краю долоні. Після команди “УВАГА!” в проміжку 5с помічник відпускає, лінійку. Досліджуваний повинен якомога швидше спіймати пальцями лінійку. Виміряти відстань в см від краю долоні до нульової позначки лінійки. Бали нараховуються, за наступною формулою:

$$П_7 = 2 + 2 - (\text{Ш}_{\text{Н}} - \text{Ш}_{\Phi}).$$

2.8. **ДИНАМІЧНА СИЛА (С)**. Оцінюється максимальною висотою стрибка вгору з місця. На стіні вертикально закріплюють мірну лінійку відповідної довжини. Стоячи біля стіни досліджуваний торкається пальцями витягнутої руки лінійки, не відриваючи п'ят від підлоги. Відійти від стінки на крок і відштовхуючись двома ногами стрибнути вгору торкаючись пальцями витягнутої руки лінійки. Виміряти різницю між другим та першим вимірами. Одна спроба пробна і три контрольні. Зараховується, кращий результат. Бали нараховуються за наступною формулою:

$$П_8 = 2 + 2 - (C_{\Phi} - C_{\text{Н}}).$$

2.9. **ВИТРИВАЛІСТЬ ШВИДКІСНА (ВШ)**. Витривалість швидкісна оцінюється за кількістю піднімання прямих ніг до кута 90° з положення лежачи на спині за 30 с, руки витягнуті вздовж тіла. Бали нараховуються за наступною формулою:

$$П_9 = 3 + 3 - (\text{ВШ}_{\Phi} - \text{ВШ}_{\text{Н}}).$$

2.10. **ВИТРИВАЛІСТЬ ШВИДКІСНО-СИЛОВА (ВШС)** оцінюється кількістю згинань рук в упорі, лежачи (для жінок – в упорі на колінах) за 30 с. Бали нараховуються за наступною формулою:

$$П_{10} = 4 + 4 - (\text{ВШС}_{\Phi} - \text{ВШС}_{\text{Н}}).$$

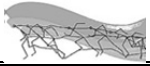
2.11. **ВИТРИВАЛІСТЬ ЗАГАЛЬНА (ВЗ)**. Жінки пробігають 1700 м, а чоловіки – на 2000 м. При виконанні норми чи перевищенні її, бали нараховуються за формулою:

$$П_{11} = 30 + 1.5 - (\text{ВЗ}_{\text{Н}} - \text{ВЗ}_{\Phi}).$$

Якщо результат гірший за норму, то сума балів нараховується за формулою:

$$П_{11} = 30 + 0.5 - (\text{ВЗ}_{\text{Н}} - \text{ВЗ}_{\Phi}).$$

2.12. **ВІДНОВЛЕННЯ ЧСС ПІСЛЯ НАВАНТАЖЕННЯ**. Перед початком тесту досліджуваний відпочиває сидячи 5 хв., після чого вимірюють ЧСС спокою. Потім проводять тест за пунктом 10 (можна рахувати тестом біг протягом 10 хв.). Після бігу відпочити 10 хв. і визначити ЧСС. Нарахування балів проводиться за різницею ЧСС після і



до навантаження. При співпаданні ЧСС нараховується 30 балів. При різниці ЧСС до 10 уд./хв. – 15 балів, від 11 до 15 уд./хв. – 10 балів, від 16 до 20 уд./хв. – 5 балів. Якщо різниця більше 20 уд./хв. – то із загальної суми вираховується 10 балів.

3. Визначити суму всіх показників і оцінити фізичний стан за шкалою:

- високий рівень – більше 250 балів,
- рівень вище за середній – 161-250 балів,
- середній рівень – 91-160 балів,
- рівень нижче за середній – 51-90 балів,
- низький рівень – менше 50 балів.

4. Побудувати профіль фізичного стану спортсмена. Для цього на міліметровому папері розміром 140 мм x 100 мм накреслити коло радіусом 30 мм і симетрично 13 радіусів (норма тесту приймається за 30 балів, тобто 1 мм відповідає 1 балу). Перетин кола з радіусом є нормою тестів. Виміряне значення відмічається у вигляді точок на радіусах: якщо другий доданок суми, що визначає результат, для показників 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11 більший нуля, то початок відліку лежить на колі і точка відмічається на радіусі за межами кола і навпаки, коли менше нуля – точка відмічається на радіусі в середині кола. Для показників 5 і 12 початком відліку є центр кола. Отримані точки з'єднують прямими лініями.

5. Зробити висновок про загальний фізичний стан і стан розвитку різних рухових якостей досліджуваного спортсмена.



## ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 2.5

### МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СПОРТИВНОГО ВІДБОРУ ТА РУХОВОЇ ПІДГОТОВКИ РІЗНИХ ГРУП НАСЕЛЕННЯ

#### РОЗРАХУНКОВА РОБОТА: ВИЗНАЧЕННЯ РУХОВОГО ВІКУ ДИТИНИ

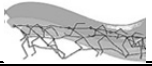
**Завдання роботи:** ознайомлення з видами контролю у спортивному відборі, рухової підготовки дітей шкільного віку (національною системою тестування рухової підготовленості школярів України); рухової підготовки студентської молоді; видами контролю, які застосовуються в адаптивній фізичній культурі; оволодіння навичками, що пов'язані із застосуванням видів контролю фізичного та функціонального стану студентів, оцінки стану здоров'я.

#### **План практичного заняття**

1. Метрологічний контроль у спортивному відборі.
2. Методика визначення рухового віку дитини.
3. Метрологічний контроль у фізичному вихованні дітей шкільного віку.
4. Метрологічний контроль у фізичному вихованні студентської молоді.
5. Метрологічний контроль в адаптивному фізичному вихованні.

#### **Рекомендована література**

1. Бондаренко І. Г. Особливості взаємозв'язків показників індексів та результатів традиційного тестування рівня фізичної підготовленості студентів МДГУ // Молода спортивна наука України : [зб. наук. праць]. – Львів : Українські технології, 2008. – Т. 2, № 12. – С. 39–43.
2. Круцевич Т. Ю. Експрес-контроль фізичної підготовленості дітей та підлітків в умовах фізкультурно-оздоровчих занять / Т. Ю. Круцевич // Теорія і методика фізичного виховання і спорту. – 2007. – № 1. – С. 64–69.
3. Круцевич Т. Ю. Нормування результатів фізичної підготовленості дітей, підлітків та юнацтва методом індексів / Т. Ю. Круцевич // Спортивний вісник Придніпров'я. – 2005 – № 2. – С. 22–26.
4. Ланда Б. Х. Методика комплексной оценки физического развития / Б. Х. Ланда. – М. : Советский спорт, 2004. – 184 с.
5. Навчальна програма для вищих навчальних закладів України III-IV рівнів акредитації. Фізичне виховання / Наказ Міністра освіти і науки України від 14.11.2003 р. [уклад. Р. Т. Раєвський, М. О. Третяков, С. М. Канішевський, В. П. Краснов, П. С. Кочубей]. – К., 2003. – 44 с.
6. Сергієнко Л. П. Комплексне тестування рухових здібностей людини / Л. П. Сергієнко. – Миколаїв : УДМТУ, 2001. – 358 с. 12. Сергієнко Л. П. Спортивна метрологія: теорія і практичні аспекти / Л. П. Сергієнко. – К. : КНТ, 2010. – 776 с.

**Методичні рекомендації до практичного заняття (частина 1)**

**Метрологічний контроль у спортивному відборі.** Спортивний відбір – це комплекс заходів, що дозволяють визначити високий ступінь схильності (обдарованість) дитини до того чи іншого виду спортивної діяльності (виду спорту). **Здібності** – це сукупність якостей особистості, яка відповідає об'єктивним умовам і вимогам до певної діяльності та забезпечує успішне її виконання. У спорті мають значення як **загальні здібності**, що забезпечують відносну легкість в оволодінні знаннями, уміннями, навичками в різних видах діяльності, так і **спеціальні здібності**, необхідні для досягнення високих результатів у конкретній діяльності, виді спорту).

**Спортивні здібності багато в чому залежать від спадково обумовлених задатків, які відрізняються стабільністю, консервативністю.** Тому при прогнозуванні спортивних здібностей слід звертати увагу, насамперед, на ті відносно маломінливі ознаки, які обумовлюють успішність майбутньої спортивної діяльності. Оскільки роль спадково обумовлених ознак максимально розкривається тоді, коли до організму висуваються високі вимоги, то при оцінці діяльності юного спортсмена необхідно орієнтуватися на рівень вищих досягнень.

**Поряд із вивченням консервативних ознак прогноз спортивних здібностей передбачає виявлення тих показників, які можуть істотно змінюватися під впливом тренування.** При цьому для підвищення ступеня точності прогнозу необхідно приймати до уваги як темпи зростання показників, так і їх вихідний рівень. У зв'язку з гетерохронністю розвитку окремих функцій і якісних особливостей мають місце певні відмінності в структурі прояву здібностей спортсменів у різні вікові періоди. Особливо чітко ці відмінності спостерігаються в технічно складних видах спорту, в яких високі спортивні результати досягають вже в дитячому і підлітковому віці, і у яких уся підготовка спортсмена, від новачка до майстра спорту міжнародного класу, відбувається на тлі складних процесів формування юного спортсмена. У таблиці 15 представлені показники, які необхідно враховувати при масовому відборі юних спортсменів у ДЮСШ, СДЮШОР.

Таблиця 15

**Прогностичні ознаки спортивного відбору**

<b>Ознаки</b>	<b>Масовий огляд</b>	<b>Відбір у НТГ</b>
<b>Фізичний розвиток</b>		
довжина тіла	+	+
масово-ростовий індекс	+	+
життєва ємність легень	+	+
сила м'язів-згиначів кисті	+	+
довжина стопи	-	+
<b>Загальна фізична підготовленість</b>		
біг 30 м	+	+
безперервний біг 5 хв	+	+



## Продовження таблиці 15

швидкісний біг на місці 10 с	+	+
човниковий біг 3 x 10 м	+	+
стрибок в довжину з місця	-	+
підтягування у висі	-	+
кидок м'яча 2 кг	-	+
стрибок вгору з місця	-	+
<b>Функціональні можливості</b>		
PWC <sub>170</sub>	-	+
темпи приросту спортивних показників	-	+
<b>Спеціальна фізична підготовленість</b>		
параметри тренувальної діяльності	-	+
координаційні здібності	+	+

Остаточне рішення про залучення дітей до занять тим чи іншим видом спорту має ґрунтуватися на комплексній оцінці всіх перерахованих даних, а не на обліку якого-небудь одного або двох показників. **Особлива важливість комплексного підходу на перших етапах відбору** обумовлена тим, що спортивний результат тут практично не несе інформації про перспективність юного спортсмена. Процес відбору тісно пов'язаний з етапами спортивної підготовки та особливостями виду спорту (вік початку занять, вік поглибленої спеціалізації в обраному виді спорту, класифікаційні нормативи тощо).

**На першому етапі відбору** проводиться масовий огляд контингенту дітей 6-10 років з метою їх орієнтації на заняття тим чи іншим видом спорту. У **групи початкової підготовки ДЮСШ** приймаються діти відповідно до віку, визначеними для даного виду спорту. **Критеріями спортивної орієнтації є рекомендації вчителя фізичної культури, дані медичного обстеження, антропометричні вимірювання та їх оцінка з позицій перспективи.**

**На другому етапі відбору** виявляються обдаровані в спортивному плані діти шкільного віку для комплектування навчально-тренувальних груп і груп спортивного вдосконалення ДЮСШ, СДЮШОР. Відбір проводиться протягом останнього року навчання в групах початкової підготовки за такою програмою: **оцінка стану здоров'я; виконання контрольних нормативів, розроблених для кожного виду спорту і викладених у програмах для спортивних шкіл; антропометричні вимірювання, виявлення темпів приросту фізичних якостей і спортивних результатів.** На основі аналізу результатів обстеження остаточно вирішується питання про індивідуальну спортивну орієнтацію юних спортсменів.





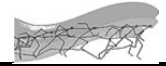
**Антропометричні обстеження** дозволяють визначити, на скільки кандидати для зарахування до навчально-тренувальної групи та групи спортивного вдосконалення спортивних шкіл відповідають тому морфотипу, який характерний для видатних представників цього виду спорту. У спортивній практиці виробилися певні уявлення про морфотипи спортсменів (ріст, маса тіла, тип статури та ін.). Наприклад, у баскетболі, легкоатлетичних метаннях, академічному веслуванні необхідними антропометричними критеріями є високий зріст, у марафонському бігу зріст не має істотного значення.

**Медико-біологічні дослідження** дають оцінку стану здоров'я, фізичного розвитку, фізичної підготовленості юних спортсменів. У процесі медико-біологічних досліджень особлива увага звертається на тривалість і якість відновних процесів в організмі дітей після виконання значних тренувальних навантажень. Лікарське обстеження необхідно і для того, щоб у кожному випадку уточнити, в яких лікувально-профілактичних заходах потребують діти та підлітки.

**Педагогічні контрольні випробування (тести)** дозволяють зробити висновки про наявність необхідних фізичних якостей і здібностей індивіда для успішної спеціалізації в тому чи іншому виді спорту. Серед **фізичних якостей і здібностей, що визначають досягнення високих спортивних результатів, існують так звані консервативні**, генетично обумовлені якості і здібності, які з великими труднощами піддаються розвитку та вдосконаленню в процесі тренування. Ці фізичні якості та здібності **мають важливе прогностичне значення при відборі дітей і підлітків у навчально-тренувальні групи спортивних шкіл**. До них слід віднести швидкість, відносну силу, деякі антропометричні показники (будова і пропорції тіла), здатність до максимального споживання кисню, економічність функціонування вегетативних систем організму, деякі психічні особливості особистості спортсмена.

У системі відбору контрольні випробування повинні проводитися з таким розрахунком, щоб визначити не стільки те, що вже вміє робити юний спортсмен, а те, що він зможе зробити в подальшому, тобто виявити його здібності до вирішення рухових завдань, прояву рухової творчості, умінню управляти своїми рухами. Одноразові контрольні випробування в переважній більшості випадків говорять лише про сьогодишню готовність виконати запропонований набір тестів і дуже мало про перспективні можливості. А потенційний спортивний результат спортсмена залежить не стільки від вихідного рівня фізичних якостей, скільки від темпів приросту цих якостей у процесі спеціалізованого тренування. Саме темпи приросту свідчать про здатності чи нездатності спортсмена до навчання в тому чи іншому виді діяльності.

**Психологічні обстеження** дозволяють оцінити прояв таких якостей, як активність і наполегливість у спортивній боротьбі, самостійність, цілеспрямованість, спортивну працьовитість, здатність мобілізуватися під час змагань тощо. **Роль психологічних обстежень за спортсменами зростає на третьому і четвертому етапах відбору.**



Сила, рухливість і врівноваженість нервових процесів є значною мірою природними властивостями ЦНС людини. Вони дуже важко піддаються вдосконаленню в процесі багаторічного тренування. Особлива увага звертається на прояв у спортсменів самостійності, рішучості, цілеспрямованості, здатності мобілізувати себе на прояв максимальних зусиль у змаганні, реакцію на невдалий виступ у ньому, активність і наполегливість у спортивній боротьбі, здатність максимально проявити свої вольові якості на фініші та ін.

**Соціологічні обстеження** виявляють інтереси дітей і підлітків до занять тим чи іншим видом спорту, ефективні засоби і методи формування цих інтересів, форми відповідної роз'яснювальної та агітаційної роботи серед дітей шкільного віку.

**На третьому етапі відбору** з метою пошуку перспективних спортсменів і зарахування їх до центрів олімпійської підготовки, СДЮШОР проводиться обстеження змагальної діяльності спортсменів з експертною оцінкою і з наступним їх тестуванням у ході республіканських змагань для молодших юнацьких груп, тобто в тому віці, коли комплектуються групи спортивного вдосконалення.

**На четвертому етапі відбору** в кожному виді спорту повинні проводитись відбіркові навчально-тренувальні збори. Відбір кандидатів здійснюється з урахування таких показників:

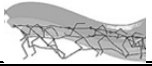
1. спортивно-технічні результати та їх динаміка (початок, вершина, спад) за роками підготовки;
2. ступінь закріплення техніки виконання найбільш нестійких елементів при виконанні вправ в екстремальних умовах;
3. ступінь технічної готовності і стійкості спортсмена до факторів, що перешкоджають в умовах змагальної діяльності.

За підсумками змагань, а потім і комплексного обстеження тренерські ради визначають контингент спортсменів, індивідуальні показники яких відповідають вирішенню завдання передолімпійської підготовки.

### **Хід розрахункової роботи:**

**Мета роботи:** на основі результатів рухових тестів навчитися визначати руховий вік.

1. Визначення рухового віку передбачає виконання рухових тестів: згинання-розгинання рук в упорі лежачи, піднімання тулуба за 30 с, вис на поперечині, нахил тулуба вперед, біг 1000 м. Отримані значення необхідно порівнювати з віковими оціночними таблицями, розрахованими для хлопчиків і дівчат у віці 7-18 років (табл. 16).
2. Для розрахунку індивідуального рівня розвитку рухових здібностей використовуються наступні формули:



- згинання і розгинання рук в упорі лежачи  $V=(P - НВС) : НВС$
- стрибки в довжину з місця  $C=(P - НВС) : НВС$
- піднімання тулуба в сід  $\Pi=(P - НВС) : НВС$
- вис на поперечині  $Vc=(P - НВС) : НВС$
- нахил тулуба вперед  $H=(P - НВС) : НВС$
- біг 1000 м  $B=(P - НВС) : НВС$

де P – результат у відповідних тестах, НВС – норматив із таблиці, що відповідає даному тесту, віку і статі.

**Таблиця 16**

**Вікові оціночні норми розвитку рухових здібностей дітей та підлітків**

Тест	Вік, років											
	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
<b>Хлопці, юнаки</b>												
Згинання і розгинання рук в упорі лежачи, разів	13	15	17	19	21	23	25	28	32	37	40	42
Стрибок в довжину з місця, см	112	127	140	152	163	174	185	196	206	216	225	233
Піднімання тулуба за 30 с, разів	13	14	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Вис на поперечині, с	9	11	14	18	22	26	30	35	40	46	51	55
Нахил тулуба вперед, см	4	5	6	7	8	9	9	10	10	11	11	11
Біг на 1000 м, с	332	315	298	281	268	256	243	233	224	216	209	203
<b>Дівчата</b>												
Згинання і розгинання рук в упорі лежачи, разів	8	9	10	11	12	13	14	14	15	15	16	16
Стрибок в довжину з місця, см	104	120	132	142	152	160	167	173	177	180	180	178
Піднімання тулуба за 30 с, разів	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	21	21
Вис на поперечині, с	6	9	12	15	19	23	27	31	35	39	41	42
Нахил тулуба вперед, см	6	7	8	9	10	11	12	12	13	13	13	13
Біг на 1000 м, с	374	357	340	325	311	298	288	279	271	265	262	262

3. Загальний рівень розвитку рухових здібностей (ЗРРЗ) розраховується за формулою:

$$ЗРРЗ = (V + C + \Pi + Vc + H + B) : 6$$

4. Оцінюється індивідуальний розвиток рухових здібностей наступним чином: 0,61 і вище – супер; 0,21 – 0,60 – відмінно; -0,20 – 0,20 – добре; -0,61 – -0,21 – задовільно; -1,00 – -0,61 – незадовільно; -1,01 і нижче – небезпечна зона.

5. На основі наведених даних визначте: індивідуальні показники розвитку рухових здібностей, загальний рівень розвитку рухових здібностей, якісну оцінку рівня розвитку рухових здібностей в цілому та за кожним тестом, руховий вік.



Дитині 13 років. Результати тестування: згинання-розгинання рук в упорі лежачи – 20 разів; стрибок в довжину з місця – 240 см; піднімання тулуба за 30 с – 23 рази; вис на поперечині – 41 с; нахил тулуба вперед – 5 см; біг на 1000 м – 4,05 с

### **Методичні рекомендації до практичного заняття (частина 2)**

**Метрологічний контроль у фізичному вихованні дітей шкільного віку.** До шкільного віку належать діти, підлітки, юнаки і дівчата від 6-7 до 18-19 років. Відповідно до існуючої в нашій країні системи загальної освіти цей віковий період підрозділяється на 3 етапи: **молодший, середній і старший.**

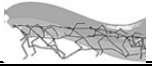
**У шкільному віці дитини виділяють декілька складових частин рухової активності** (Т. Ю. Круцевич): активність у процесі фізичного виховання; фізичну активність, що здійснюється під час навчання, трудової діяльності; спонтанну фізичну активність у вільний час. Із метою вимірювання рухової активності школярів застосовують: **анкетування, методику розрахунку добових енерговитрат, методику реєстрації ЧСС, хронометраж.**

**Предметом перевірки та оцінювання успішності з фізичного виховання** є знання, уміння і навички школярів, які вони одержали на класно-урочних заняттях. При цьому виявляється повнота і глибина знань теоретичних відомостей, ступінь освоєння рухових дій в обсязі вимог, які вивчаються, рівень розвитку фізичних якостей, результати виконання навчальних нормативів і домашніх завдань.

**Теоретичні знання** перевіряються в ході уроку щодо змісту вивченого практичного матеріалу. Учитель аналізує та оцінює рівень знань в обсязі вимог програми для цього класу, знання термінології, правил ігор, змагань і страховки, уміння описувати техніку розучуваної фізичної вправи і пояснювати значення її ланок і деталей, визначати і виправляти помилки товариша, давати звіт про свої рухи тощо.

**Оцінка рухових умінь і навичок школяра** є об'єктивною, якщо вчитель дотримується таких правил:

- перевіряються та оцінюються результати навчальної роботи школяра на уроках фізичної культури і в процесі домашньої роботи;
- обсяг знань, умінь і навичок, що перевіряються, визначається в повній відповідності зі змістом навчальної програми для даного класу;
- виявлення ступеня засвоєння школярами фізичних вправ здійснюється на основі встановлених дванадцяти оціночних балів, передбачаючи певний характер і кількість помилок при виставленні тієї або іншої оцінки;
- характер помилок визначається на єдиній основі (грубою помилкою вважається та, що призводить до зміни основи техніки рухової дії; до значної помилки відноситься невиконання загальної деталі або характеристики фізичної вправи, до незначної – лише неточне виконання деталей або характеристик, які ведуть до зниження ефективності дії, при цьому беруться до уваги тільки вивчені елементи техніки);



- методика перевірки та оцінювання здійснюється з урахуванням особливостей етапу процесу навчання руховій дії; при оцінці створюються сприятливі умови для концентрації уваги учнів із техніки та оцінюють тільки її.

З метою диференційованого підходу до оцінки фізичних якостей, рухових умінь і навиків, теоретико-методичних знань шкільної програми було розроблено 12-бальну шкалу оцінювання, яка має три взаємопов'язані складові:

1. оцінка в балах (від 1 до 10 балів) тільки за виконання учнями фізичних нормативів навчальної програми;
2. оцінка в 1 бал додається за оволодіння теоретико-методичними знаннями шкільної програми і застосування освоєних знань з практики;
3. оцінка в 1 бал – за знання і застосування на практиці правил техніки безпеки при виконанні фізичних вправ.

Оцінювання шести вправ комплексного тесту здійснюються за сумою балів. За кращий результат учень одержує 2 бали, за низький – 1 бал. Ще нижчий результат не враховується. Таким чином, максимально учень набирає 12 балів. Після виставлення набраної кількості балів визначається рівень компетентності учня в його фізичній підготовленості (Г. М. Шамардіна).

***Здійснюючи фізичне виховання школярів, необхідно систематично оцінювати і враховувати стан їх здоров'я, рівень фізичного розвитку, результати спортивної діяльності, старанність, поведінку.***

Перевірка та ***оцінювання фізичного розвитку*** здійснюється на основі орієнтовних вікових нормативів лікарем школи. Показники фізичного розвитку фіксуються в медичних картках учнів. Учитель двічі на рік у всіх класах проводить перевірку фізичної підготовленості учнів. Підсумки тестування аналізуються, здійснюються заходи щодо усунення виявлених недоліків, доводяться до відома учнів, батьків, педагогічного колективу.

***Спортивну підготовленість*** перевіряють у процесі змагань школярів за окремими видами фізичних вправ у позаурочний час. Досягнення фіксуються в протоколах і оцінюються у формах, прийнятих у спортивній практиці (розряди, звання, очки тощо). Систематичний облік усіх цих даних, аналіз їх взаємозв'язку і динаміки дозволяє вчителю оперативніше і ефективніше управляти фізичним вихованням школярів.

***Метрологічний контроль у фізичному вихованні студентської молоді.*** Засвоєння програми фізичного виховання у вищому закладі освіти припускає систему контрольних заходів, що включає оперативний, поточний, підсумковий контроль і підсумкову атестацію. Головна мета цих заходів – оптимізувати процес фізичного виховання, домогтися його максимальної результативності. ***Оперативний контроль забезпечує інформацію про хід виконання студентами окремих видів навчальної роботи:*** відношення студентів до запропонованої програми занять; засвоєності програмного матеріалу; ступеня адекватності і прийнятності навчальних навантажень; вихідному рівні підготовленості студентів до оволодіння програмним матеріалом та інше.



**Поточний контроль ставить своїм завданням виявити ступінь засвоєння студентами окремих розділів і тем навчальної програми з фізичного виховання на контрольному етапі освіти.** Формами і методами оперативного і поточного контролю є педагогічні та лікарсько-педагогічні спостереження: усне і письмове опитування студентів, виконання контрольних робіт, завдань, вправ, тестів, вирішення комп'ютерних задач із фізичної культури, експертні оцінки.

У вищих закладах освіти може також проводитися модульна й інші форми підсумкового контролю після закінчення логічно завершеної частини занять з фізичного виховання, результати якого враховуються при виставленні підсумкової оцінки з дисципліни (Навч. програма для ВНЗ України III-IV рівнів акредитації. Фізичне виховання, 2003).

У студентів може контролюватись рівень фізичної підготовленості, функціонального стану організму та фізичне здоров'я.

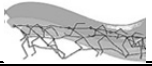
**Рівень фізичного здоров'я** може визначатися за чотирма групами показників: **морфофункціональними, рівня фізичної підготовленості, особливостей (частоти і характеру) захворювань, оцінки рухової активності.**

**Фізичний стан студентів** основного навчального відділення може визначатися за інтегральною оцінкою та за окремими розрахунковими показниками функціональних систем і фізичної працездатності.

**Фізична підготовленість** перевіряється та оцінюється за результатами виконання тестів і нормативів оцінки фізичної підготовленості студентів (курсантів, слухачів), розроблених вищим навчальним закладом. В останні роки в галузі фізичного виховання набула широкого розповсюдження методика контрольних випробувань, яка передбачає виконання певних нормативів, за допомогою яких визначається ефективність навчального процесу. Застосування контрольних випробувань дозволяє визначити рівень фізичної підготовленості студентів. Тестування проводиться на початку та наприкінці навчального року. У проведенні тестів керуються положенням щодо однакових умов для всіх учасників, простотою вимірів і оцінки, принципом доступності для всіх студентів. Оцінка фізичної підготовленості та визначення рівня розвитку рухових здібностей студентів здійснюється за допомогою рухових тестів, які рекомендовані навчальною програмою з фізичного виховання для ВНЗ України.

**За допомогою рухових тестів і нормативів передбачається визначення рівня розвитку:**

- витривалості – біг 3000 м (для чоловіків), 2000 м (для жінок);
- швидкісних здібностей – біг 100 м;
- швидкісно-силових здібностей – стрибок у довжину з місця;
- силових здібностей – підтягування на перекладині (або вис); згинання і розгинання рук в упорі лежачи; підйом тулуба в сід за 1 хв;
- координаційних здібностей – човниковий біг 4 x 9 м;
- гнучкості – нахили тулуба вперед із положення сидячи;



- ступеня оволодіння прикладними навичками – плаванням 100 м.

Для оцінки рівня фізичної підготовленості з урахуванням антропометричних даних і показників фізичного розвитку може використовуватися бальна система, яка заснована на підсумовуванні балів за п'ятьма індексами: індексом Руф'є, силовим, швидкісним, швидкісно-силовим, індексом витривалості (Т. Ю. Круцевич).

Таблиця 17

**Оцінка рівня фізичної підготовленості студентів з урахуванням антропометричних даних і показників фізичного розвитку**

Показники індексів	Функціональний рівень				
	низький	нижче за середній	середній	вище за середній	високий
Індекс Руф'є	0	1	2	3	4
Силовий	0	1	2	3	4
Швидкісний	0	1	2	3	4
Швидкісно-силовий	0	1	2	3	4
Витривалості	0	1	2	3	4
Сума балів	0-2	3-6	7-11	12-16	17-20

**Метрологічний контроль в адаптивному фізичному вихованні.** В адаптивному фізичному вихованні одне з головних питань контролю є оцінка рухових можливостей людей з обмеженим рівнем здоров'я. Фахівцями в галузі фізичної культури і спорту, лікарями досліджується *тонус м'язів, обсяг рухів у суглобах, функціональні можливості серцево-судинної, дихальної систем, здійснюється тестування рухових можливостей, визначається ступінь сформованості рухових навичок.*

Для дітей з обмеженими можливостями здоров'я доцільно проводити за певними показниками експрес-оцінку допуску до занять фізичними вправами, оцінку адаптаційних можливостей на фізичне навантаження та оцінку рухових можливостей.

Рухову діяльність дітей із церебральним паралічем, на відміну від фізично здорових дітей, обмежують зумовлені захворюванням розлади моторики, психіки, порушення морфології, функцій органів і систем організму. Характеристика розвитку рухової активності й пізнавальних процесів у дітей 5-8 років із ДЦП в умовах санаторно-курортного лікування була запропонована О. А. Шлапаченко (2008). *У хворих дітей можна контролювати:*

- рівень сформованості дрібної моторики;
- засвоєння рухового ритму;
- координацію рухів;
- результати виконання мімічного тесту;
- швидкість психомоторної реакції;
- рівень розвитку уваги;
- рівень розвитку пам'яті;



- рівень сформованості процесів мислення;
- рівня сформованості просторового мислення й конструктивної діяльності

Г. А. Єдинак (2010) запропонував деякі види контролю для дітей із церебральним паралічем. **Напрямами здійснення контролю можуть бути: морфофункціональний стан** (довжина, маса тіла, обвідні розміри грудної клітки, життєва ємність легень; частота пульсу в спокої, артеріальний тиск, сила кисті неураженої кінцівки), **побутово-професійна дієздатність; теоретико-методична дієздатність** (уміння використовувати спеціальні знання на практиці); **загальна рухова і фізична підготовленість**. Передбачено також оцінювання важливих для трудової діяльності учня фізичних якостей: **швидкості рухів руками (тепінг-тест) та різновидів витривалості** (згинання і розгинання рук в упорі лежачи на лаві, піднімання за одну хвилину тулуба в сід із положення лежачи на спині, утримування тулуба в прогині назад лежачи на животі).

Упродовж навчального року потрібно здійснювати аналіз таких показників: **вихідний контроль – усіх у зазначених напрямках; поточний (після оволодіння певним матеріалом, здебільшого щомісяця) – теоретико-методичної і загальної рухової, етапний (наприкінці семестра) – фізичної підготовленості й побутово-професійної дієздатності; підсумковий – усіх показників**. Оперативний контроль необхідно використовувати на кожному занятті для визначення відповідності поточного стану учня запропонованим навантаженням. Етапні й підсумкові досягнення повинні бути вихідними для наступного періоду навчання та підставою для коригування змісту занять. **Критеріями, показниками і системою оцінювання** можуть бути: для теоретико-методичної підготовленості – міра застосування на практиці сформованих знань (чинна 12-бальна шкала); для загальної рухової і побутово-професійної дієздатності – результати виконання рухових завдань із самозабезпечення і сформованість умінь (навичок) у рухових діях; для морфофункціонального стану і фізичної підготовленості – рівень прояву відповідних показників і фізичних якостей: (“0” – відсутність зміни, “1” – незначна, “2” – значна, “3” – дуже значна позитивна зміна показника).

Ю. В. Бардашевський (2011) звернув увагу на характеристику рухових можливостей і функціонального стану осіб із дитячим церебральним паралічем. Для визначення ступеня рухових дисфункцій і подальшого проведення аналізу з метою визначення пріоритетів і напрямів реабілітаційного втручання було здійснено попередню оцінку стану пацієнтів. Досліджено: масу тіла учнів, довжину тіла учнів, індекс маси тіла, амплітуди рухів у суглобах верхніх і нижніх кінцівок, рівень спастичності групи м'язів задньої поверхні стегна. **Зручною для оцінки патологічного тону м'язів є модифікована шкала Ашворта (D. Wade)**. У дослідженнях запропоновано застосовувати: тест “Ability of Hand” (за М. Penta), тепінг-тест, електро-енцефалографію, гоніометрію.





### **Контрольні питання**

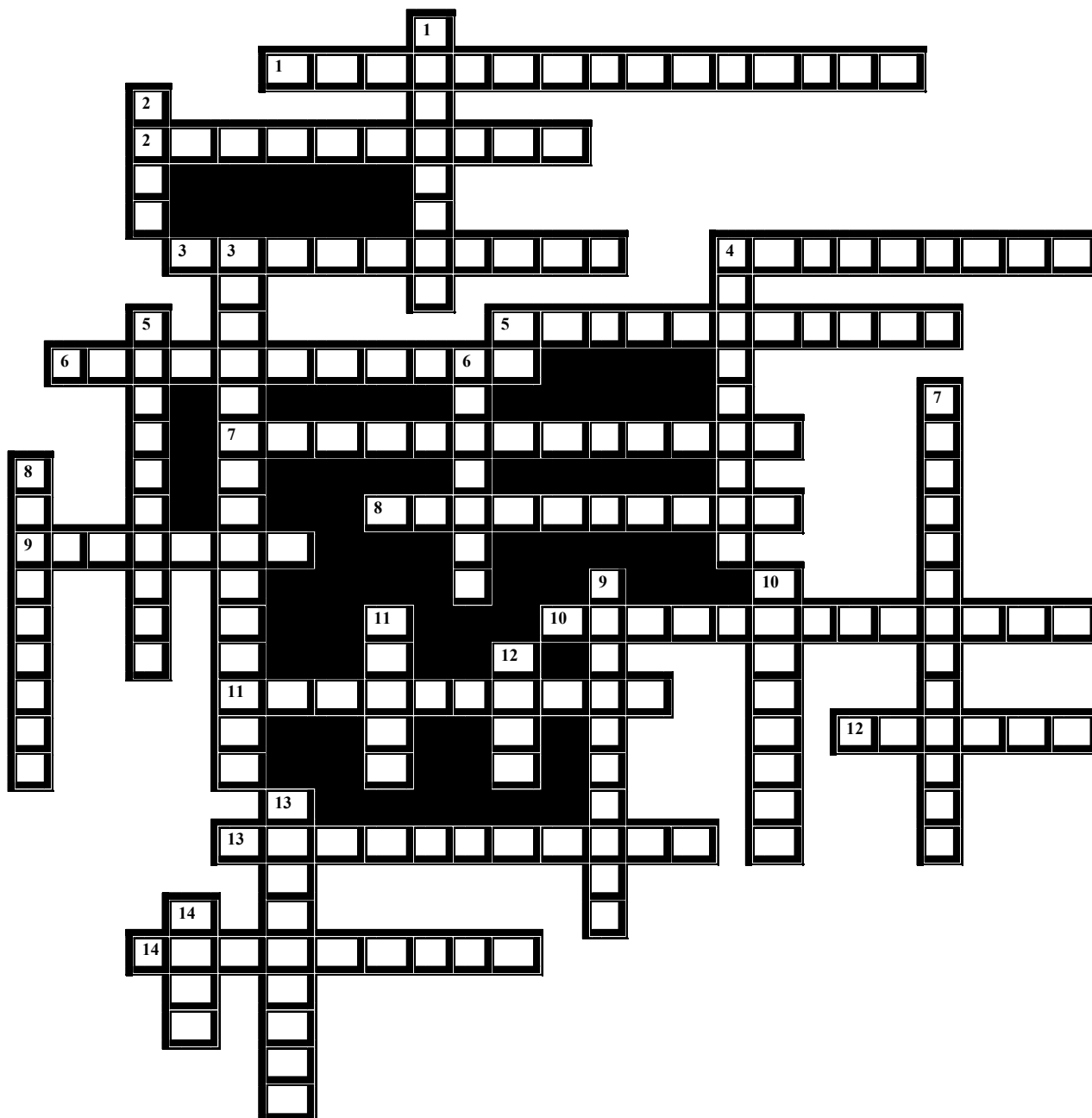
1. Наведіть основні поняття теорії відбору, які завдання передбачені на різних етапах спортивного відбору?
2. Як визначити фактор, що має вагоме значення для певних досягнень в обраному виді спорту?
3. Наведіть морфологічні, рухові, функціональні можливості та психологічні ознаки, які забезпечують успіх в обраному вами виді спорту?
4. Як визначити руховий вік дитини?
5. Як і на якому етапі використовуються модельні характеристики спортсменів високого класу?
6. Які є методи визначення рухової активності?
7. Наведіть класифікацію тестових комплексів для оцінки фізичної підготовленості школярів.
8. Як визначити фізичне здоров'я?
9. Як оцінити фізичну підготовленість абітурієнтів різних спортивних спеціалізацій?
10. Розкрийте зміст етапного контролю фізичної підготовленості студентів вашого фаху?
11. Як оцінити функціональну підготовленість студентів?
12. Визначте основні терміни адаптивної фізичної культури?
13. Розкрийте структуру і зміст медико-педагогічного контролю дітей з обмеженими можливостями?
14. Для чого проводять оцінку статичної та динамічної рівноваги у дитини з обмеженими можливостями?



## ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 2.6

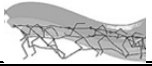
### КРОСВОРД НА ТЕМУ “ТЕРМІНОЛОГІЧНІ ОСНОВИ СПОРТИВНОЇ МЕТРОЛОГІЇ”

**Мета:** закріпити знання щодо термінологічного апарату спортивної метрології.



**По горизонталі:**

1. Об'єктивна міра відображення рівня розвитку цікавого явища у результаті застосування контрольної вправи.



2. Дослідження, що проводиться з обізнаною особою метою відповіді на питання, які потребують спеціальних знань.
3. Наука про вимірювання, методи та засоби, що забезпечують їх однаковість і точність.
4. Технічний прилад для визначення зміни кутів між сегментами тіла.
5. Статистичний метод, який дозволяє виявити думки багатьох людей про досліджуваний об'єкт.
6. Сукупність статистичних методів, придатних для оцінки вихідних даних, які не можна виразити числом.
7. Спосіб вимірювання частин тіла.
8. Узагальнена міра достовірності усього процесу тестування.
9. Значення ознаки  $X$ , яка ділить упорядковану (ранжовану) множину даних навпіл.
10. Характеристика норм, що визначає їх придатність тільки для тієї сукупності, для якої вони розроблені.
11. Показник придатності норм, що визначає їх відповідність сучасному розвитку фізичної культури та спорту.
12. Уніфікована міра успіху в якому-небудь завданні або в тесті.
13. Процес пізнання, який полягає в порівнянні даної величини з відомою.
14. Вид взаємозв'язку між ознаками.

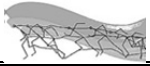
**По вертикалі:**

1. Процес, метою якого є оптимізація процесу підготовки та змагальної діяльності.
2. Завдання стандартної форми, за яким проводиться випробування.
3. Різновид надійності тестів, що визначає використання декількох схожих тестів для визначення рівня розвитку певної якості.
4. Комплекс морфологічних властивостей опорно-рухового апарату, що обумовлює рухливість окремих ланок людського тіла.
5. Ступінь співпадання результатів при повторному тестуванні одних і тих самих осіб в однакових умовах.
6. Інтегральний показник силових якостей спортсмена.
7. Ступінь довіри за результатом вимірювання, що характеризується імовірністю наближення істинного значення вимірюваної величини до вказаних меж.
8. Генетично обумовлений тип статури.
9. Процедура виконання тесту.
10. Значення генеральної сукупності.
11. Упорядкована послідовність значень фізичних величин.
12. Засіб вимірювання, призначений для відтворення фізичної величини заданого розміру.
13. Середній квадрат відхилення значень ознаки від середнього арифметичного.
14. Значення ознаки, що трапляється у вибірці найчастіше.



## ТЕМАТИКА РЕФЕРАТИВНИХ РОБІТ З КУРСУ “СПОРТИВНА МЕТРОЛОГІЯ”

1. Історія розвитку спортивної метрології як науки.
2. Особливості теорії вимірювань у фізичній культурі та спорті.
3. Термінологічна база спортивної метрології (формування глосарію).
4. Технічні засоби та вимірювальна апаратура, що використовуються для спортивних вимірювань та обробки отриманих результатів.
5. Методи та принципи забезпечення єдності вимірювань.
6. Види тестів в спортивній діяльності та їх значення. Метрологічні вимоги до тестів.
7. Кваліметрія у фізичному вихованні та спорті. Методологічні основи проведення експертизи та анкетування.
8. Структура вимірювальних систем у спортивній практиці.
9. Сучасні автоматизовані системи спортивної галузі.
10. Основні методи оцінювання спортивної підготовленості та якості навчально-тренувального процесу.
11. Кількісна оцінка естетичності та виконавської майстерності в техніко-естетичних видах спорту.
12. Основи стандартизація. Державна метрологічна служба України.
13. Вікові та статеві особливості розвитку фізичних якостей та формування рухових навичок.
14. Управління і контроль у спортивному тренуванні.
15. Класифікація видів контролю у спортивному тренуванні.
16. Класифікація станів спортсмена та види контролю за їх проявами.
17. Метрологічний контроль за підготовкою спортсменів різних спортивних кваліфікацій.
18. Метрологічна обґрунтованість спортивних норм та кваліфікаційних вимог.
19. Метрологічний контроль за показниками особистості спортсмена.
20. Модельні характеристики спортсмена та їх метрологічне підґрунтя.
21. Метрологічні основи відбору та прогнозування спортивних здібностей (на прикладі обраного виду спорту).
22. Метрологічний контроль за фізичною підготовленістю (на прикладі обраного виду спорту).
23. Силкові якості спортсменів та методи їх вимірювання у різних видах спорту.
24. Швидкісні якості спортсменів та методи їх вимірювання у різних видах спорту.
25. Витривалість та фізична працездатність спортсменів, методи їх вимірювання у різних видах спорту.
26. Координаційні здібності спортсменів та методи їх вимірювання у різних видах спорту.
27. Гнучкість спортсменів та методи їх вимірювання у різних видах спорту.



## РОЗДІЛ 3 БІОМЕХАНІКА ЯК РОЗДІЛ КІНЕЗІОЛОГІЇ

### ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 3.1

#### ТЕОРЕТИЧНЕ ПІДГРУНТЯ БІОМЕХАНІКИ ЯК НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

##### *План практичного заняття*

1. Біомеханіка: основні визначення та поняття.
2. Мета курсу та завдання.
3. Методи біомеханіки.
4. Біомеханічний аналіз.
5. Класифікація біомеханічних характеристик.

##### *Рекомендована література*

1. Брижаний О.В. Біомеханіка: модульна система навчання: Навчальний посібник для факультетів фізичного виховання педагогічних вузів та педагогічних університетів. – Суми: ВВП “Мрія” ЛТД, 1997. – 64 с.
2. Донской Д.Д. Биомеханика с основами спортивной техники. – М.: ФиС, 1971. – 288 с.
3. Практическая биомеханика / А.Н.Лапутин, В.В.Гамалий, А.А.Архипов и др.; А.Н.Лапутин (общ. ред.). – К.: Науковий світ, 2002. – 298 с.
4. Уткин В.Л. Биомеханика физических упражнения: Учеб. пособие для студентов фак. физ. воспитания пед.ин-тов, физ.культуры по спец. №2114 “Физ.воспитание”. – М.: Просвещение, 1989. – 210 с.
5. Нока Р.М. Основы кинезиологии. – К.: Олимпийская литература, 2004. – 400 с.

##### *Методичні рекомендації до практичного заняття*

**Біомеханіка**, як розділ кінезіології – науки про рухи, займається вивченням законів механічного руху в живих системах. Термін “Біомеханіка” утворений двома грецькими словами: “bíos” – життя, та “mechané” – знаряддя.

Біомеханіка – розглядає рухові можливості та рухову діяльність людини при виконанні рухових дій, вивчає рухові дії людини з метою виявлення найдосконаліших способів їх виконання та навчання їм.

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

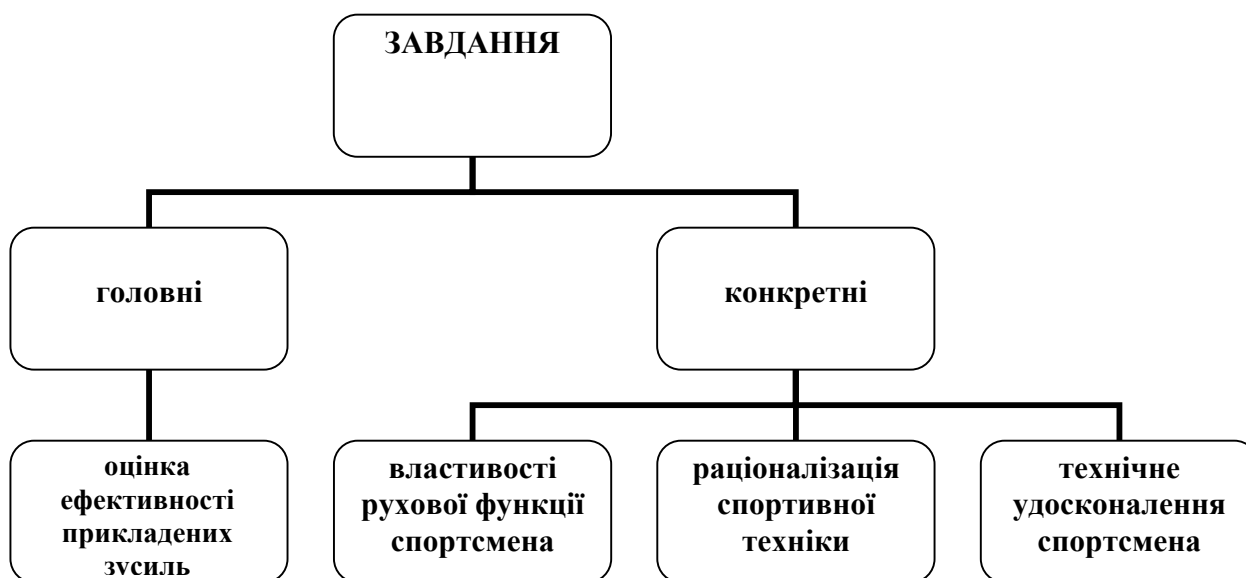


**Рисунок 28. Структура біомеханіки**

*Загальна біомеханіка* вирішує теоретичні проблеми і допомагає дізнатися про особливості та причини рухів людини. Цей розділ біомеханіки дуже важливий для практики фізичного виховання і спорту, оскільки теорія та практика тісно взаємопов'язані.

*Диференційна біомеханіка* вивчає індивідуальні та групові особливості рухових можливостей і рухової діяльності, в залежності від віку, статі, стану здоров'я, рівня фізичної підготовленості, спортивної кваліфікації тощо.

*Приватна (конкретна) біомеханіка* розглядає конкретні питання технічної і тактичної підготовки в окремих видах спорту і різновидах масової фізичної культури. У тому числі в оздоровчому бігу і ходьбі, загально розвиваючих гімнастичних вправах, ритмічної гімнастики на суші (аеробіка) і у воді (акваробіка) тощо. Основне питання приватної біомеханіки – як навчити людину правильно виконувати різноманітні рухи або як самостійно освоювати культуру рухів.



**Рисунок 29. Характеристика завдань біомеханіки**

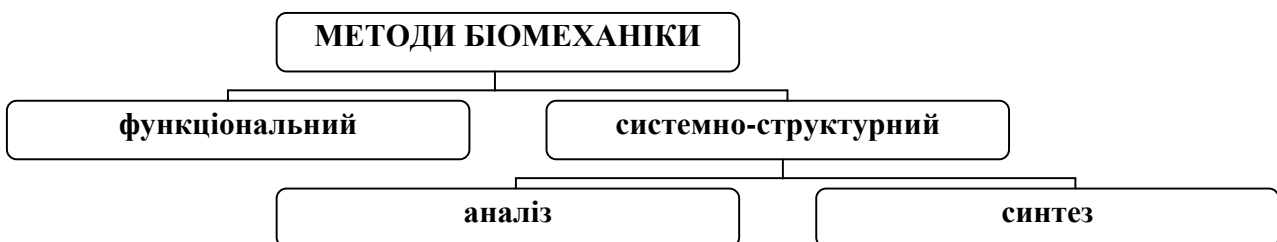
Головне *завдання* біомеханіки – оцінка ефективності сил, що прикладаються людиною, для найоптимальнішого досягнення нею поставленої мети (найкращого результату).



**Конкретних завдань** в біомеханічних дослідженнях виокремлюють ряд ще більш вузьких питань, які підлягають детальному вивченню.

- 1. Будова і властивості рухової функції спортсмена.** Це завдання включає в себе вивчення самих спортсменів, їх особливостей і можливостей. Фактично багато особливостей рухів залежать від об'єкта руху тіла людини, будови його опорно-рухового апарату, механічних властивостей і функцій з урахуванням вікових, статевих, кваліфікаційних особливостей.
- 2. Раціоналізація спортивної техніки.** Пошук раціональної спортивної техніки як способу вирішення рухового завдання – проблема біомеханічна та рішенням її займаються фахівці разом зі спортсменами і тренерами.
- 3. Технічне вдосконалення спортсмена.** Технічне вдосконалення спортсмена – завдання індивідуалізації спортивної техніки. В цьому випадку біомеханічні підходи дозволяють виявити особливості рухів конкретного спортсмена, рівень розвитку його рухових якостей і на цій підставі підвищити ефективність засвоєння сучасної раціональної техніки.

**Методи** – це шляхи дослідження та отримання нових знань і виявлення нових закономірностей (рис. 30).



**Рисунок 30. Методичне підгрунття біомеханічних досліджень**

Найбільш часто в біомеханічних дослідженнях використовується порівняно простий **функціональний метод**, який полягає у виявленні взаємозв'язку між певними біомеханічними характеристиками рухових дій, що виконуються, або характеристиками самого спортсмена і спортивним результатом. За допомогою даного методу вивчають функціональну залежність між властивостями і станом системи, явища чи процесу. Їх характеризують певні параметри, конкретні умови і кількісно визначений закон.

Функціональний підхід дозволяє констатувати ті чи інші недоліки техніки і тактики. Але він не дає відповіді на запитання “чому”, тобто не дозволяє розробити чіткі рекомендації для їх усунення; педагог вимушений діяти навмання.

**Системно-структурний метод** – це діалектичний принцип наукового пізнання цілісності складних об'єктів та систем. Такий підхід до вивчення техніки рухових дій, як до предмету навчання, спрямований проти метафізичного розділення цілого без врахування взаємодії елементів та



ґрунтується на *методах системно-структурного аналізу та системно-структурного синтезу*. Сутність цього методу полягає в тому, що за кількісними характеристиками систему рухів умовно поділяють на окремі складові частини, вивчаючи склад системи за її окремими елементами (це і є системно-структурний аналіз). Вивчаючи зміни кількісних характеристик, виявляють, як окремі елементи впливають один на одного і визначають причини цілісності системи (це і є системно-структурний синтез).



Рисунок 31. Основні принципи структурності рухів

*Біомеханічний аналіз* являє собою один із способів вивчення рухової діяльності людини. Це ефективний логічний прийом вивчення складних і багатомірних систем, за допомогою якого рухи ніби розчленовують на складові частини, що потім досліджують диференційовано для більш глибокого їх пізнання як єдиного цілого. Біомеханічний аналіз – це тільки початок об’єктивного дослідження руху. За ним слідує біомеханічний синтез – моделювання складних систем рухів з метою використання їх у різних напрямках трудової та рухової діяльності людини. Починається біомеханічний аналіз із вимірювання систем біомеханічних характеристик руху. Потім встановлюються закономірності їх взаємозв’язків та системо утворюючі елементи руху як єдиного цілого. Далі при необхідності визначають внесок кожного елемента у реалізацію його цільової функції, або кінцевої мети.

Розділ біомеханічного аналізу – *біокінематика* (від грецького *bios* – життя, *kinematos* – рух) – вивчає рух живих тіл та біологічних систем. *Кінематика* – це розділ механіки, що вивчає механічні рухи усіх матеріальних тіл у природі. Рухи тіл у кінематиці вивчаються без урахування їхньої інертності та діючих сил. Біокінематика вивчає все про рухи тіла людини, окрім механічних причин, які їх викликають.

Розділ біомеханічного аналізу – *біодинаміка* (від грецького *bios* – життя, *dynamis* – сила) – вивчає дію сил, які надають руху тілу людини та іншим біологічним системам. *Динаміка* – це розділ механіки, що вивчає механічні причини руху усіх матеріальних тіл у природі.

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



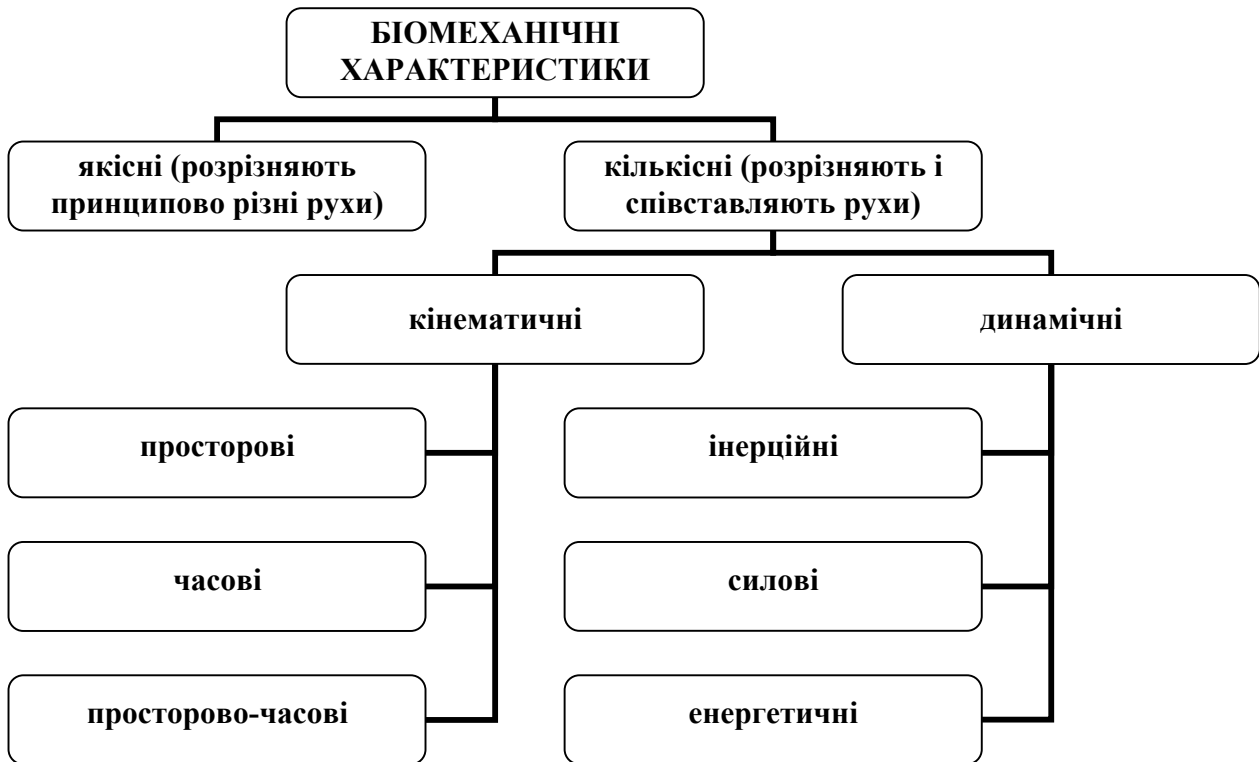


Рисунок 32. Класифікаційний розподіл біомеханічних характеристик

**Контрольні питання:**

1. Що вивчає біомеханіка? Її завдання?
2. Які основні розділи біомеханіки?
3. Окресліть особливості та наведіть відмінності між поняттями “рух”, “рухова дія” та “рухова діяльність”?
4. Охарактеризуйте основні етапи біомеханічного аналізу.
5. В чому полягає оптимізація рухової діяльності? Які її критерії?
6. В чому полягає головна відмінність функціонального підходу від системно-структурного?
7. Наведіть приклади ситуацій із практики фізичного виховання та спорту, що вимагають необхідності біомеханічне обґрунтування:  
а) техніки рухових дій; б) тактики рухової діяльності.

**Тестові завдання для самоконтролю знань**

1. Якого розділу біомеханіки, як наукової дисципліни НЕ існує?  
а) динамічна біомеханіка;  
б) загальна біомеханіка;  
в) диференційна біомеханіка;  
г) приватна (конкретна) біомеханіка.



**2. Які основні методи біомеханічних досліджень?**

- а) фізіологічний та системно-структурний;
- б) функціонально-анатомічний та механічний;
- в) функціональний та системно-структурний;
- г) механічний та фізіологічний.

**3. Що вивчає біокінематика?**

- а) механічні причини руху у живих системах;
- б) систему структурності рухових дій спортсменів;
- в) особливості удосконалення технічної підготовленості спортсменів;
- г) рух живих тіл без урахування причин його виникнення.

**4. Що вивчає біодинаміка?**

- а) причини руху у живих системах;
- б) систему структурності рухових дій спортсменів;
- в) особливості удосконалення технічної підготовленості спортсменів;
- г) рух живих тіл без урахування причин його виникнення.

**5. Яке головне завданням біомеханіки?**

- а) вивчення особливостей технічного удосконалення спортсменів;
- б) виявлення взаємозв'язку між спортсменом та спортивними приладами;
- в) оцінка ефективності сил, що прикладає спортсмен для досягнення поставленої мети;
- г) вивчення механічних законів у рухах спортсмена.

**6. Які види біомеханічних характеристик?**

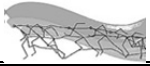
- а) гоніометричні, реєстраційні;
- б) якісні та кількісні (біокінематичні та біодинамічні) ;
- в) силові, енергетичні;
- г) інерційні, реєстраційні.

**7. На чому ґрунтується біомеханічний аналіз?**

- а) інструментальних методах;
- б) системно-структурному методі;
- в) функціональному методі;
- г) механічному методі.

**8. Що є основним предметом біомеханіки?**

- а) вивчення структури руху;
- б) вивчення техніки руху;
- в) вивчення часових та силових характеристик руху;
- г) вивчення корисності руху.



## ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 3.2

## ІСТОРИЧНИЙ РОЗВИТОК СТАНОВЛЕННЯ БІОМЕХАНІКИ

**План практичного заняття**

1. Історія розвитку біомеханіки: наукові підходи Арістотеля та Галена, Леонардо да Вінчі, Рене Декарта, Д.А. Бореллі, П.Ф. Лесгафта, Н.О. Бернштейна, Н.М. Сеченова, О.Н. Крестовникова, М.Ф. Іваницького та інших.
2. Становлення теоретичної біомеханіки в контексті напрямів розвитку біомеханіки.
3. Сучасний етап розвитку біомеханіки: теоретичні основи, методики дослідження, практичне застосування, біомеханіка фізичних вправ.

**Рекомендована література**

1. Брижаний О.В. Біомеханіка: модульна система навчання: Навчальний посібник для факультетів фізичного виховання педагогічних вузів та педагогічних університетів. – Суми: ВВП “Мрія” ЛТД, 1997. – 64 с.
2. Донской Д.Д. Биомеханика с основами спортивной техники. – М.: ФиС, 1971. – 288 с.
3. Практическая биомеханика / А.Н.Лапутин, В.В.Гамалий, А.А.Архипов и др.; А.Н.Лапутин (общ. ред.). – К.: Науковий світ, 2002. – 298 с.
4. Уткин В.Л. Биомеханика физических упражнения: Учеб. пособие для студентов фак. физ. воспитания пед.ин-тов, физ.культуры по спец. №2114 “Физ.воспитание”. – М.: Просвещение, 1989. – 210 с.
5. Нока Р.М. Основы кинезиологии. – К.: Олимпийская литература, 2004. – 400 с.

**Методичні рекомендації до практичного заняття**

Біомеханіка – одна з найстаріших гілок біології. Її витоками були роботи *Арістотеля і Галена*, присвячені аналізу рухів тварин і людини. Але тільки завдяки роботам відомої людини епохи Відродження – *Леонардо да Вінчі* (1452-1519) – біомеханіка зробила свій наступний крок. Леонардо да Вінчі особливо цікавився будовою людського тіла (анатомією) у зв'язку з рухом. Він описав механіку тіла при переході з положення сидячи до положення стоячи, при ходьбі вгору і вниз, при стрибках і, мабуть, вперше дав опис ходьбі як біомеханічній локомоції.

*Рене Декарт* (1596-1650) створив основу рефлекторної теорії, показавши, що причиною рухів може бути конкретний фактор зовнішнього середовища, що впливає на органи чуття. Цим і пояснюється походження мимовільних рухів.

Надалі великий вплив на розвиток біомеханіки був визначений у роботах італійця *Джованні Альфонсо Бореллі* (1608-1679) – лікар, математик, фізик. У своїй роботі “Про рух тварин” по суті він започаткував біомеханіку як



галузь науки. Він розглядав організм людини як машину і прагнув пояснити дихання, рух крові і роботу м'язів з позицій механіки.

Перші кроки в докладному вивченні біомеханіки рухів були зроблені лише наприкінці XIX століття німецькими вченими Брауном і Фішером (V. Braune, O. Fischer), які розробили досконалу методику реєстрації рухів, детально вивчили динамічну сторону переміщень кінцівок і загального центра тяжіння (ЗЦТ) людини при звичайній ходьбі.

**Крікор Хачатурович Кекчєєв** (1923) вивчав біомеханіку патологічної ходи, використовуючи методику Брауна і Фішера.

**Петром Францевичем Лесгафтом** (1837-1909) розроблена біомеханіка фізичних вправ, вивчена на основі динамічної анатомії. У 1877 році П.Ф. Лесгафт почав читати лекції з цього предмету на курсах з фізичного виховання. В Інституті фізичної освіти ім. П.Ф. Лесгафта цей курс входив до предмету "фізична освіта", а в 1927 р був виділений в самостійний предмет під назвою "теорія рух", з 1931 перейменованій в курс "Біомеханіка фізичних вправ".

Великий внесок в пізнання взаємодії рівнів регуляції рухів вніс **Микола Олександрович Бернштейн** (1880-1968). Їм дано теоретичне обґрунтування процесів управління рухами з позицій загальної теорії великих систем. Дослідження Н.А. Бернштейна дозволили встановити надзвичайно важливий принцип управління рухами, загальноновизнаний в даний час. Нейрофізіологічні концепції Н.А. Бернштейна послужили основою формування сучасної теорії біомеханіки рухів людини.

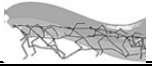
Ідеї **Івана Михайловича Сеченова** про рефлекторну природу управління рухами шляхом використання чутливих сигналів, отримали розвиток в теорії Н.А. Бернштейна про кільцевий характер процесів управління.

**Віктор Семенович Гурфінкель** зі співавторами (1965) клінічно підтвердили цей напрямок, виявивши принцип синергії в організації роботи скелетної мускулатури при регуляції вертикальної пози, а **Ф.А. Северин** зі співавторами (1967) отримали дані про спінальні генератори (мотонейрони) локомоторних рухів.

**Ragnar Artyr Granit** (1955) з позиції нейрофізіології дав аналіз механізмів регуляції рухів. R. Granit (1973) зазначив, що організація відповідей на виході визначається механічними властивостями рухових (моторних) одиниць (РО) і специфічної ієрархії процесів активації – включенням повільних або швидких РО, тонічних або фізичних мотонейронів, альфа-моторного або альфа-гамма-контролю.

Великий внесок у біомеханіку спорту внесли Robert G. Osterhoud (1968); T. Duck (1970), R.M. Brown; J.E. Counsilman (1971); S. Pla-genhoef (1971); C.W. Buchan (1971); Dal Monte зі співавторами (1973); M. Saito зі співавторами (1974) та багато інших.

У Радянському Союзі вивчення координації рухів людини проводиться з 20-тих років XX століття. Проводилися дослідження всієї біомеханічної картини координаційної структури довільних рухів людини з метою встановлення загальних закономірностей, що визначають як центральну



регуляцію, так і діяльність м'язової периферії в цьому найважливішому життєвому процесі. З 30-тих років ХХ століття в інститутах фізкультури в Москві (Н.А. Бернштейн), в Ленінграді (Е.А. Котікова, Є.Г. Котельникова), в Тбілісі (Л.В. Чхаїдзе), у Харкові (Д.Д. Донський) та інших містах стала розвиватися наукова робота з біомеханіки. У 1939 році вийшов навчальний посібник Е.А. Котікової “Біомеханіка фізичних вправ” і в наступні роки в підручниках та навчальних посібниках став висвітлюватися розділ “Біомеханічне обґрунтування спортивної техніки з різних видів спорту”.

З біологічних наук в біомеханіці використовувалися наукові дані з анатомії і фізіології. У наступні роки вагомий вплив на становлення і розвиток біомеханіки як науки надали динамічна анатомія, фізика і фізіологія, особливо вчення про нервізм **Івана Петровича Павлова** і про функціональні системи **Петра Кузьмича Анохіна**.

Великий внесок у вивчення фізіології рухового апарату вніс **Микола Євгенович Введенський** (1852-1922). Їм виконані дослідження процесів збудження і гальмування в нервовій і м'язовій тканинах. Його роботи про фізіологічну лабільності живих тканин і збудливих систем, про парабіоз мають величезне значення для сучасної фізіології спорту. Велику цінність представляють також його роботи про координацію рухів.

За визначенням **Олексій Олексійовича Ухтомського** (1875-1942), біомеханіка вивчає “яким чином отримана механічна енергія руху і напруги може придбати робоче застосування”. Їм показано, що сила м'язів при інших рівних умовах залежить від поперечного перерізу. Чим більше поперечний переріз м'язи, тим більше вона в змозі підняти вантаж. О.О. Ухтомський відкрив найважливіше фізіологічне явище – домінанту в діяльності нервових центрів, зокрема, при рухових актах. Велике місце в його роботах відведено питанням фізіології рухового апарату.

Питання фізіології спорту розглядав **Олексій Миколайович Крестовніков** (1885-1955). Вони були пов'язані із з'ясуванням механізму м'язової діяльності, зокрема, координації рухів, формування рухових умовних рефлексів, етіології стомлення при фізичній діяльності та іншими фізіологічними функціями при виконанні фізичних вправ.

**Михайло Федорович Іваницький** (1895-1969) розробив функціональну (динамічну) анатомію стосовно завдань фізичної культури та спорту, на підставі чого виявив зв'язок анатомії з фізичною культурою.

Успіхи сучасної фізіології, і, в першу чергу, праці академіка **Петра Кузьмича Анохіна** дали можливість з позиції функціональних систем по-новому поглянути на біомеханіку рухів. Все це дало можливість узагальнити фізіологічні дані з біомеханічними дослідженнями і підійти до вирішення важливих питань біомеханіки рухів в сучасному спорті вищих досягнень.

У середині ХХ століття вчені створили протез руки, керований електричними сигналами, які надходять з нервової системи. У 1957 році у СРСР була сконструйована модель руки (кисті), яка виконувала біоелектричні команди типу “стиснути-розтиснути”, а в 1964 році був створений протез зі зворотним зв'язком, тобто протез, від якого безперервно в ЦНС надходить



інформація про силу стискання або розтискання кисті, про напрямок руху руки та подібних ознаках.

Американські фахівці (EW Schrader та ін., 1964) створили протез ноги, ампутованої вище коліна. Була виготовлена гідравлічна модель колінного суглоба, що дозволяє досягти природної ходьби. Конструкція передбачає нормальну висоту підйому п'ятки і витягування ноги при її відводі незалежно від швидкості ходьби.

Бурхливий розвиток спорту в СРСР став підставою розвитку біомеханіки спорту. З 1958 року у всіх інститутах фізичної культури біомеханіка стала обов'язковою навчальною дисципліною, створювалися кафедри біомеханіки, розроблялися програми, видавалися навчальні посібники, підручники, проводилися науково-методичні конференції, готувалися фахівці.

Як навчальний предмет біомеханіка виконує кілька ролей. По-перше, з її допомогою студент вводиться в коло найважливіших фізико-математичних понять, які необхідні для розрахунків швидкості, кутів відштовхування, маси тіла, розташування ЗЦТ і його ролі в техніці виконання спортивних рухів. По-друге, ця дисципліна має самостійне застосування в спортивній практиці, оскільки представлена в ній система рухової діяльності з урахуванням віку, статі, маси тіла, статури дозволяє виробити рекомендації для роботи тренера, вчителя фізичної культури, методиста лікувальної фізкультури тощо.

Біомеханічні дослідження дозволили створити новий тип взуття, спортивного інвентарю, обладнання та технології управління ними (велосипеди, гірські і стрибкові лижі, гоночні лижі, човни для веслування і багато іншого).

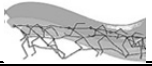
Вивчення гідродинамічних характеристик риб і дельфінів дало можливість створити спеціальні костюми для плавців, змінити техніку плавання, що сприяло підвищенню швидкості плавання.

Біомеханіку викладають у вищих фізкультурних навчальних закладах в багатьох країнах світу. Створено міжнародне товариство біомеханіків, проводяться конференції, симпозіуми, конгреси з біомеханіки.



Рисунок 33. Напрями розвитку біомеханіки

**Механічний напрям** до вивчення рухів людини дозволяє визначити кількісну міру рухових процесів, пояснює фізичну сутність механічних явищ, розкриває величезну складність будови тіла людини і його рухів з точки зору фізики.



Хронологічно першим визнано механічний напрямок у розвитку біомеханіки. Першу книгу з біомеханіки “Про рухах тварин” (1679) написав учень Галілея італійський лікар і математик Джовані Альфонсо Бореллі. Дослідження дії і протидії, визначення центру ваги тіла людини, класифікація локомоторних рухів за джерелом сил проводилися з позицій механіки. Фізіологи брати Вебер (1836) вивчали ходьбу людини теж з позицій механіки, порівнюючи руху крокування з гойданнями маятників (їх гіпотези в подальшому в чому не підтвердилися).

Вивченню механічних характеристик рухів були присвячені дослідження В. Брауна та О. Фішера. Останнім часом розвиток механічного напрямки найбільш яскраво представлено в посібниках з біомеханіки Г. Хохмута (ГДР), А. Новака (ЧССР) і ін.

Застосування законів механіки в біомеханіки абсолютно необхідно, але воно є недостатнім, якщо мова йде тільки про механіку незмінного тіла. Як біомеханічна система тіло людини істотно відрізняється від абсолютно твердого тіла або матеріальної точки, які розглядаються в класичній механіці. Внутрішні сили, які при вирішенні завдань в механіці твердого тіла намагаються виключити, мають визначальне значення для рухів людини. Знехтування джерелом сили в механіці змінюється крайнім інтересом до цього питання в біомеханіки. Нарешті, поглиблене вивчення саме механічних закономірностей рухів організмів вимагає виявлення немеханічних причин особливої складності в прояві активності біомеханічних систем.

**Функціонально-анатомічний напрямок** характеризується переважно аналізом рухів у суглобах, визначенням участі м'язів при збереженні положення тіла і в його рухах.

Вивчаючи форму і будову органів опори, а також руху людини в тісному зв'язку з їх функцією, анатоми досліджували переважно руховий апарат. Аналітичне вивчення тіла людини переважало в роботах О. Фішера, Р. Фіккі, Г. Браус, С. Моллі та інших зарубіжних анатомів.

Разом з тим, розширювалося вивчення функцій рухового апарату як цілого. Один із засновників функціональної анатомії П.Ф. Лесгафт розглядав всі системи та органи перш за все у взаємодії, як частини єдиного цілісного живого організму. Високо оцінюючи можливості формотворного впливу функцій, П.Ф. Лесгафт одним з перших почав розробляти наукові основи фізичної освіти дітей та молоді. Функціонально-анатомічний напрямок розвивався учнями П.Ф. Лесгафта та послідовниками його вчення А.А. Красуської, Є.А. Котикової, Є.Г. Котельникової та іншими. Великий внесок у вчення про рухи вніс М. Ф. Іваницький, який розробляв розділ курсу анатомії – руховий апарат як ціле (динамічна анатомія). У багатьох країнах наука про рухи – кинезіологія – являє собою в даний час своєрідне поєднання механічного та функціонально-анатомічного напрямків.

Для анатомічного напрямку в цілому характерний описовий підхід – переважно якісні характеристики при незначному застосуванні кількісної міри. Мало використовуються електроміографічні методи та вимірювання



механічних характеристик, що має характер передбачення у багатьох дослідженнях в цій області.

**Фізіологічний напрямок** в біомеханіці затвердило припущення про рефлекторну природу рухів, кільцевий характер управління рухами і про обумовленість цим надзвичайної складності рухів людини.

На розвиток біомеханіки мали істотний вплив фізіологія нервово-м'язового апарату, вчення про вищу нервову діяльність і нейрофізіологія. Визнання рефлекторної природи рухових дій і механізмів нервової регуляції при взаємодії організму і середовища в роботах І.М. Сеченова, І.П. Павлова, М.Є. Введенського, О.О. Ухтомського, П.К. Анохіна, М.О. Бернштейна та інших вчених становить фізіологічну основу вивчення рухів людини. Результати численних досліджень механізмів центральної нервової системи і нервово-м'язового апарату, проведених за останні десятиліття у багатьох країнах світу, дозволяють найбільш повно представити високу складність управління рухами.

Дослідження М.О. Бернштейна, що стали вже класичними, дали результати, які привели його в свій час до нової системи поглядів на рухи та управління ними. Розвиваючи ідеї І.М. Сеченова про рефлекторну природу управління рухами шляхом використання чуттєвих сигналів, М.О. Бернштейн висунув положення про кільцевий характер процесів управління. Його гіпотеза про рівневу побудову рухів зіграла важливу роль в подальшій розробці фізіологічного напрямку в біомеханіці. Глибоке вивчення дійсних явищ в самому опорно-руховому апараті викликало особливу увагу до управління рухами. Виявлення особливості управління рухами показали, наскільки були невірними колишні спрощені пояснення механізму рухів.

#### **Сучасний етап розвитку біомеханіки.**

**Теоретичні основи.** У процесі тривалого розвитку біомеханіки склалися її сучасні теоретичні основи: визнання рефлекторної природи систем рухів при складному поєднанні довільного та автоматичного управління ними; пояснення механічного боку рухів тіла людини (біомеханічної системи) з точки зору механіки не тільки абсолютно твердого тіла, а й деформованого тіла; розгляд рухових дій як систем, що складаються з безлічі взаємопов'язаних рухів; визнання залежності виконання систем рухів і їх ефективності від поєднання безлічі взаємопов'язаних внутрішніх і зовнішніх факторів.

Сучасна біомеханіка відноситься до біологічних наук нового типу, де широко використовується фізико-математичні підходи та методи. Біомеханіка людини в цілому має педагогічну спрямованість: основна мета біомеханічних досліджень – удосконалити рухову діяльність людини в різних її проявах.

**Методики дослідження.** Біомеханічне дослідження вимагає спільного вивчення механічних і біологічних сторін рухів з точною кількісною мірою і розкриттям взаємозв'язків в системах рухів (їх структур).

Методики біомеханічного дослідження відповідно до системності рухів мають комплексний характер. Вивчення рухів проводиться з синхронною реєстрацією ряду важливих характеристик при високій точності й швидкості вимірювань. У методиках біомеханічного дослідження використовуються





окремі методи реєстрації з суміжних наукових дисциплін, а також досягнення сучасної техніки. Вони дозволяють повніше відобразити специфіку рухів людини в її сучасному теоретичному розумінні.

**Практичне застосування.** Області рухової діяльності людини, де використовуються методи сучасної біомеханіки, достатньо великі. В першу чергу, вони використовуються там, де оцінка ефективності рухів найбільш важлива, наприклад в біомеханіці спорту.

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

Діяльність людини в умовах космосу (в умовах невагомості) потребує біомеханічного обґрунтування та контролю над оволодінням навичками в незвичайних умовах.

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

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

У всіх сферах впровадження завдання біомеханіки зводяться до розкриття, подальшого удосконалення і кращому використанню рухових можливостей людини.

**Біомеханіка фізичних вправ.** Початок розвитку біомеханіки фізичних вправ поклав П.Ф. Лесгафт, розробивши курс теорії тілесних рухів. Він почав читати його в 1877 році на курсах по фізичному вихованню. Цей курс продовжували читати і вдосконалювати його учні. У інституті фізичної освіти ім. П.Ф. Лесгафта, створеному після Жовтневої революції, цей курс входив в предмет “Фізична освіта”, а в 1927 році був виділений в самостійний під назвою “Теорія рухів”, в 1931 році перейменований в курс “Біомеханіка фізичних вправ”.

З 30-тих років ХХ століття в інститутах фізкультури в Москві, Ленінграді, Тбілісі Харкові та інших розвернулась наукова та навчальна робота з біомеханіки спорту. З 1958 року біомеханіка включена в навчальний план всіх інститутів фізичної культури Радянського Союзу, після чого почали створюватися кафедри біомеханіки. На кафедрах спортивних дисциплін інститутів фізичної культури широко ведуться біомеханічні дослідження спортивної техніки. Біомеханічні методи успішно застосовуються науковцями, тренерами для дослідження якості техніки і контролю над її вдосконаленням.

Викладання біомеханіки у вищих фізкультурних навчальних закладах та наукові дослідження здійснюються в Німеччині, Польщі, Югославії, Румунії, Чехословаччини, Болгарії, Угорщини та інших країнах. У ряді зарубіжних країн викладання цієї навчальної дисципліни для спеціалістів фізичного виховання ведеться під назвою “Кінезіологія”, “Аналіз рухів” тощо. У складі наукового



комітету з фізичного виховання і спорту при ЮНЕСКО створена робоча група з біомеханіки. Проводяться міжнародні наради та симпозиуми з біомеханіки.

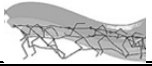
Біомеханіка фізичних вправ сприяє теоретичному обґрунтуванню ряду питань фізичного виховання. Біомеханіка спорту становить одну з основ теорії спортивної техніки. Вона допомагає обґрунтувати найбільш раціональні способи техніки, шляхи оволодіння нею і технічне вдосконалення спортсменів.

**Контрольні питання:**

1. Назвіть основні напрямки біомеханіки як науки та охарактеризуйте етапи їх формування.
2. Розкрийте сутність основних трудів, що формували теоретичне підґрунтя біомеханіки: “Теория телесных движений” (Лестафт П.Ф.); “Очерк рабочих движений” (Сеченов І.М.); “Записи по динамической анатомии”, “Движение человеческого тела” (Іваницький М.Ф.); Бернштейн Н. А. “О построение движений” (Бернштейн М.О.).
3. В яких галузях науки можливе застосування знань з біомеханіки? Обґрунтуйте свою відповідь.
4. Наведіть прізвища українських біомеханіків сучасності (за видами спорту).
5. Окресліть можливі перспективи розвитку біомеханічних досліджень.

**Тестові завдання для самоконтролю знань**

- 1. Хто створив основу рефлексорної теорії?**
  - а) Леонардо да Вінчі;
  - б) Р. Декарт;
  - в) Д. Бореллі;
  - г) Л. Фішер.
- 2. Хто був засновником біомеханіки як галузі науки?**
  - а) Р. Декарт;
  - б) К.Х. Кекчєєв;
  - в) В.С. Гурфінкель;
  - г) Д. Бореллі.
- 3. Ким розроблена біомеханіка фізичних вправ?**
  - а) Р. Декартом;
  - б) Л. Фішером;
  - в) П.Ф. Лесгафтом;
  - г) К.Х. Кекчєєвим.
- 4. Хто дав теоретичне обґрунтування процесів управління рухами тіла?**
  - а) К. Кекчєєв;
  - б) П.Ф. Лесгафт;
  - в) М.О. Бернштейн;
  - г) Л. Браун.



- 5. Хто виявив принцип синергії у організації роботи скелетної мускулатури?**
- а) М.О. Бернштейн;
  - б) В.С. Гурфінкель;
  - в) Т. Шванн;
  - г) Р. Броун.
- 6. Кому належать роботи про фізіологічну лабільність живих тканин та систем?**
- а) М.Є. Введенському;
  - б) М.О. Бернштейну;
  - в) В.С. Гурфінкелю;
  - г) О.О. Ухтомському.
- 7. Хто відкрив домінанту в діяльності нервових центрів при рухових актах?**
- а) О.М. Крестовніков;
  - б) О.О. Ухтомский;
  - в) М.Є. Введенский;
  - г) Р. Гук.
- 8. Хто детально вивчав координацію рухів та формування рухових умовних рефлексів?**
- а) О.О. Ухтомський;
  - б) К.Х. Кекчєєв;
  - в) М.Є. Введенський;
  - г) О.М. Крестовніков.
- 9. Хто розробив функціональну (динамічну) анатомію стосовно завдань фізичної культури та спорту?**
- а) К.Х. Кекчєєв;
  - б) Л.В. Чхаїдзе;
  - в) М.Ф. Іваницький;
  - г) І.М. Сеченов.
- 10. Визначте взаємозалежність між наведеними напрямками розвитку біомеханіки та їх представниками:**
- |   |                           |   |                                |
|---|---------------------------|---|--------------------------------|
| 1 | Механічний                | А | Павлов І.П., Анохін П.К.       |
| 2 | Функціонально-анатомічний | Б | Леонардо да Вінчі, Д. Бореллі  |
| 3 | Фізіологічний             | В | Іваницький М.Ф., Джафаров М.А. |



## ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 3.3

### ТОПОГРАФІЯ ТІЛА ЛЮДИНИ

#### *План практичного заняття*

1. Загальні дані про тіло людини.
2. Вісі та площини тіла людини.
3. Відомості про центр тяжіння тіла людини.
4. Механізми рухів тулуба, голови, верхніх кінцівок тіла людини.

#### *Рекомендована література*

1. Практическая биомеханика / А.Н.Лапутин, В.В.Гамалий, А.А.Архипов и др.; А.Н.Лапутин (общ. ред.). – К.: Науковий світ, 2002. – 298 с.
2. Зациорский В.М., Аруин А.С., Селуянов В.П. Биомеханика двигательного аппарата человека. – М.: ФиС, 1981. – 143 с.
3. Иваницкий М.Ф. Анатомия человека (с основами динамической и спортивной морфологии): Учеб. для ИФК. – М.: ФиС, 1985. – 544 с.

#### *Методичні рекомендації до практичного заняття*

Тіло людини являє собою з точки зору механіки об'єкт найбільшою складністю. Воно складається з частин, які з великим ступенем точності можна вважати твердими (скелет) і порожнин, що деформуються (м'язи, судини тощо), причому в цих порожнинах містяться плинні середовища, що не наділені властивостями звичайних рідин.

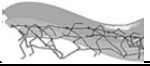
Тіло людини в загальних рисах зберігає будову, властиву всім хребетним: **двополярність** (головний і хвостовий відділи), **двосторонню симетрію, переважання парних органів, наявність осьового скелета, збереження деяких (реліктових) ознак сегментарності** (метамерії) тощо.

До інших морфо-функціональних особливостей тіла людини відносяться: **високо-функціональна верхня кінцівка; рівний ряд зубів; розвинений головний мозок; прямоходіння** тощо.

В анатомії прийнято вивчати тіло людини у вертикальному положенні із зімкнутими нижніми і опущеними верхніми кінцівками. При цьому виділяють області **голови, шиї, тулуба і двох пар верхніх і нижніх кінцівок**.

На тулубі людини позначають два кінці – **черепний, або краніальний і хвостовий, або каудальний і чотири поверхні – черевну, або вентральну, спинну, або дорсальну і дві бічних - праву і ліву**. На кінцівках визначають по відношенню до тулуба два кінці: **проксимальний, тобто ближчий і дистальний, тобто віддалений**.

Тіло людини побудоване за типом двобічної симетрії (воно ділиться серединної площиною на дві симетричні половини) і характеризується наявністю внутрішнього скелета. У середині тіла спостерігається розчленування на **метамери**, або сегменти, отже утворення однорідні за будовою і розвитком, розташовані в послідовному порядку, в напрямку поздовжньої осі тіла (наприклад, м'язові, нервові сегменти, хребці тощо); центральна нервова



система лежить ближче до спинної поверхні тулуба, травна – до черевної. Як і всі ссавці, людина має молочні залози і покриту волоссям шкіру, порожнина його тіла поділена діафрагмою на грудний та черевний відділи.

З метою кращого орієнтування щодо взаємного положення частин в людському тілі, прийнято говорити про деякі основні площини і напрямки (рис. 34).

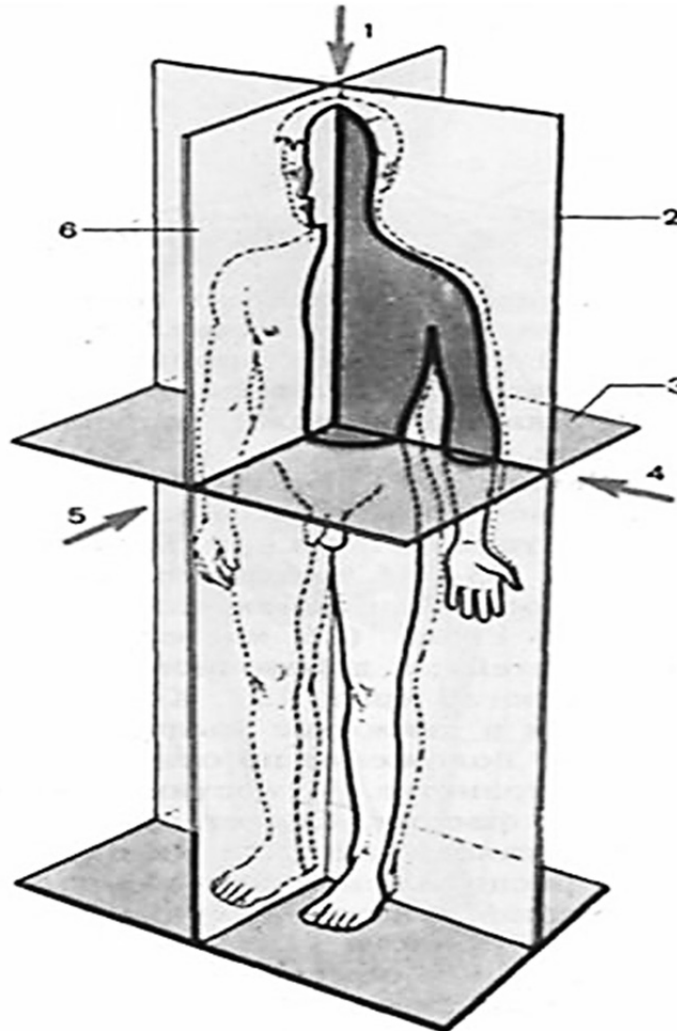


Схема осей та площин в тілі людини:  
1 - вертикальна (продольна) вісь, 2 - фронтальна площина, 3 - горизонтальна площина, 4 - поперечна вісь, 5 - сагітальна вісь, 6 - сагітальна площина.

Рисунок 34. Осі та площини тіла людини

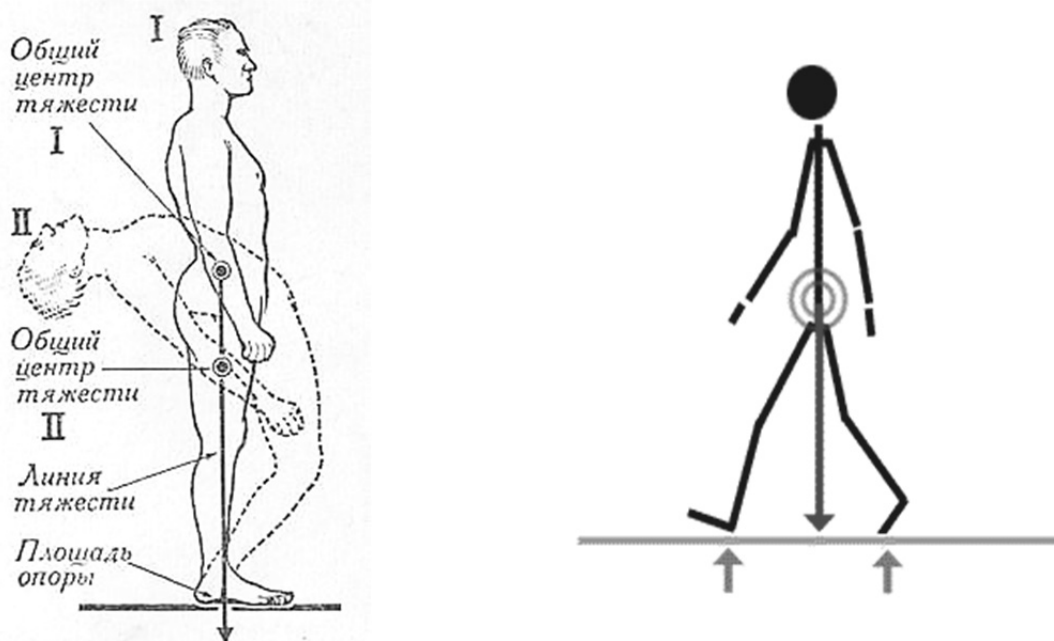
Терміни “*верхній*”, “*нижній*”, “*передній*”, “*задній*” відносяться до вертикального положення тіла людини. Площина, яка поділяє тіло у вертикальному напрямку на дві симетричні половини, називається *серединною*. Площини, паралельні серединній, називаються *сагітальними* (від лат. *sagitta* – стріла); вони ділять тіло на відрізки, розташовані в напрямку справа-наліво. Перпендикулярно серединній площини розташовані *фронтальні*, тобто паралельні лбу (від франц. *front* – лоб) площини; вони розсікають тіло на



відрізки, розташовані в напрямку спереду-назад. Перпендикулярно серединній і фронтальній площинам проходять **горизонтальні, або поперечні площини**, що розділяють тіло на відрізки, розташовані один над одним. Сагітальних (за виключенням серединної), фронтальних і горизонтальних площин можна провести довільну кількість, тобто через будь-яку точку поверхні тіла або органу.

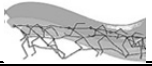
Термінами **“медіально”** та **“латерально”** користуються для позначення частин тіла по відношенню до серединної площини: *medialis* – що знаходиться ближче до серединної площини, *lateralis* – далі від неї. З цими термінами не треба змішувати терміни **“внутрішній”** – *internus* та **“зовнішній”** – *externus*, які вживаються тільки по відношенню до стінок порожнин. Слова **“черевний”** – *ventralis*, **“спинний”** – *dorsalis*, **“правий”** – *dexter*, **“лівий”** – *sinister*, **“поверхневий”** – *superficialis*, **“глибокий”** – *profundus* не потребують пояснення. Для позначення просторових відносин на кінцівках тіла людини прийняті терміни **“proximalis”** і **“distalis”**, тобто ті, які знаходяться ближче і далі від місця з'єднання кінцівки з тулубом.

Функція нижніх кінцівок людини, якщо виключити багато фізичних вправ, визначається головним чином опорною (положення стоячи) та локомоторними (ходьба, біг) функцією. І в тому, і в іншому випадку на функцію нижніх кінцівок, на відміну від верхніх, має значний вплив **загальний центр тяжіння** (ЗЦТ) тіла людини (рис. 35).



**Рисунок 35. Розташування загального центру тяжіння тіла людини**

У багатьох задачах механіки зручно і припустимо розглядати масу якогось тіла таким чином, ніби вона сконцентрована в одній точці – центрі тяжіння (ЦТ). У загальній біомеханіці важливим є вивчення розташування центру тяжіння (ЦТ) тіла, його проекції на площу опори, а також просторового співвідношення між вектором ЦТ та різними суглобами. Це дозволяє вивчати



можливості блокування суглобів, оцінювати компенсаторні, пристосувальні зміни опорно-рухового апарату (ОДА). **У дорослих чоловіків (у середньому) ЗЦТ розташовується на 15 мм позаду від передньо-нижнього краю тіла V поперекового хребця. У жінок ЦТ в середньому розташовується на 55 мм спереду від передньо-нижнього краю I крижового хребця.**

У фронтальній площині ЗЦТ незначно (на 2,6 мм у чоловіків та на 1,3 мм у жінок) зміщений вправо, тобто права нога приймає дещо більше навантаження, ніж ліва. Загальний центр тяжіння (ЗЦТ) тіла складається з центрів тяжіння окремих частин тіла (парціальні центри тяжіння). Тому при рухах і переміщенні маси частин тіла переміщається і загальний центр тяжіння, але для збереження рівноваги його проекція не повинна виходити за межі площі опори.

Висота положення ЗЦТ у різних людей значно варіює в залежності від цілого ряду факторів, до числа яких, у першу чергу, відносяться стать, вік, статура тощо. **У жінок ЗЦТ зазвичай розташовується трохи нижче, ніж у чоловіків. У дітей раннього віку ЗЦТ тіла розташований вище, ніж у дорослих.**

При зміні взаємного розташування частин тіла, проекція його ЗЦТ також змінюється (рис. 36). Змінюється при цьому й стійкість тіла. У спортивній та фізкультурно-оздоровчій діяльності (навчанні та удосконаленні техніки виконання спортивних вправ) це питання є дуже важливим, оскільки при більшій стійкості тіла можна виконувати рухи з більшою амплітудою без порушення рівноваги. **Стійкість тіла визначається величиною площі опори, висотою розташування ЗЦТ тіла і місцем проходження вертикалі, опущеної з ЗЦТ на площу опори. Чим більша площа опори і чим нижче розташований ЗЦТ тіла, тим стійкішим є положення тіла.** Кількісно ступень стійкості тіла в різних положеннях виражається **кутом стійкості** (КС) – кутом, який утворений вертикаллю, опущеної з ЗЦТ тіла, та прямою, проведеною з ЗЦТ тіла до краю площі опори (рис. 36). Чим більше кут стійкості, тим більше ступінь стійкості тіла.



**Рисунок 36. Кути стійкості при виконанні вправи “шпагат”:  
 $\alpha$  - кут стійкості назад;  $\beta$  - кут стійкості вперед; Р - сила тяжіння  
(за М.Ф. Іваницьким)**



Маса частин тіла може визначатися різними способами. Якщо у різних людей абсолютні маси частин тіла значно відрізняються, то відносні маса, виражені у відсотках, є досить постійними.

Велике значення дані про масу частин тіла, а також про розташування парціальних центрів тяжіння і моментів інерції, мають в медицині (для конструювання протезів, ортопедичного взуття тощо) та в спортивній практиці (для конструювання спортивного інвентарю, взуття тощо).

**Механізми рухів тулуба, голови, верхніх кінцівок тіла людини.** Основна функція м'язового апарату тулуба і голови полягає в утриманні тіла в стані рівноваги, в забезпеченні рухливості (згинання, розгинання, бічні нахили, кругові обертання) хребетного стовпа, грудної клітки та голови, в подоланні опору і тяжкості різних предметів. Статика і динаміка тулуба значною мірою взаємопов'язана з механізмом дихання і станом органів грудної та черевної порожнин. Утриманню тіла в рівновазі при рівному його положенні сприяє одночасне скорочення більшості м'язів тулуба. Згинання тулуба можуть бути пасивним і активним.



Рисунок 37. Класифікація рухів тулуба людини

У першому випадку внаслідок розслаблення м'язів-розгиначів хребта, а також ваги голови і внутрішніх органів відбувається **пасивний нахил тулуба** вперед. **Активні згинання тіла** спостерігаються при деяких професійних та спортивних рухах, а також в умовах опору навантаженню (наприклад, носіння тягарів на спині). При цьому скорочуються м'язи живота, поперекові, довгі м'язи голови і шиї, частково м'язи переднього відділу шиї. Розгинання тулуба забезпечується скороченням всіх м'язів спини і заднього відділу шиї, але, головним чином, м'язів-розгиначів хребта.

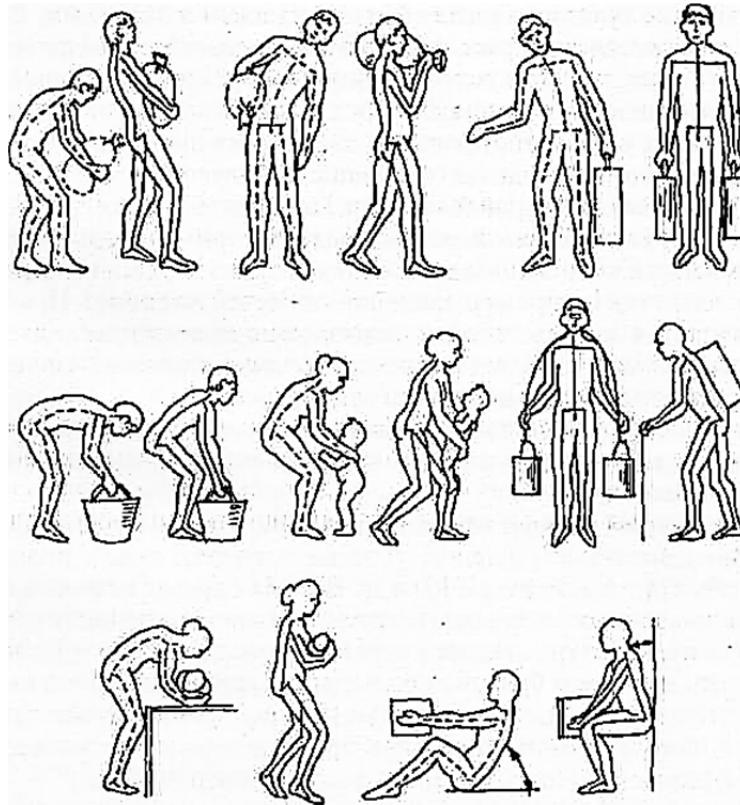
Найбільший інтерес представляє робота м'язів в умовах опору навантаженню: носіння вантажу на плечовому поясі, підняття важких (рис. 38) тощо. У таких випадках окрім навантаження зазначених м'язів-розгиначів сильно скорочується дихальна мускулатура і м'язи передньої черевної стінки. Внаслідок цього грудна і черевна порожнини являють собою свого роду туго надуті повітряно-газові камери, що перешкоджають форсованому згинанню тіла і тим оберігають від можливості розриву зв'язкового апарату хребетного стовпа.

Бічні згинання тулуба відбуваються при одночасному скороченні згиначів і розгиначів одного боку хребетного стовпа. У цьому також беруть участь м'язи, що підтримують ребра, задні зубчасті м'язи, м'язи попереку, міжреберні м'язи, м'язи бічної стінки живота, а при фіксованому поясі – м'язи,





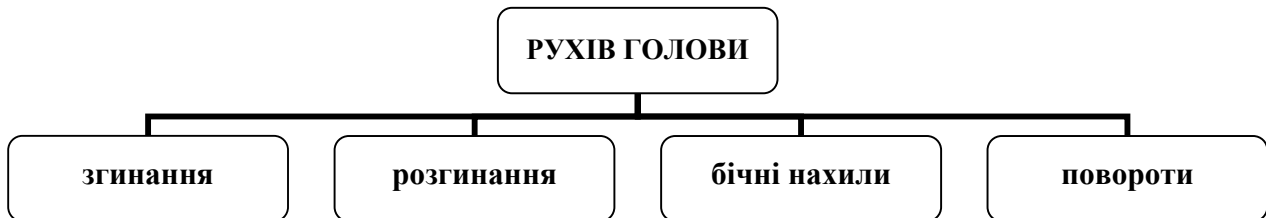
що піднімають лопатку, найширший м'яз спини, грудні м'язи. Всі м'язи працюють з великим навантаженням при піднятті вантажу однією рукою.



**Рисунок 38. Методи підняття і перенесення вантажу (пунктиром відзначені неправильні положення)**

Обертання тілом забезпечується, головним чином, скороченням наступних м'язів: зовнішнього косого м'яза живота однойменного боку, внутрішнього косого м'яза живота протилежного боку, всіх частин поперечно-остистих м'язів, верхньої частини трапецієподібного м'язи і м'язи, що піднімають лопатку протилежної сторони.

Рухи голови можуть здійснюватися одночасно з рухами тулуба або самостійно.



**Рисунок 39. Класифікація рухів голови тіла людини**

**Згинання голови** відбувається внаслідок розслаблення всіх м'язів заднього відділу шії і голови і може форсуватиметься при двосторонньому скороченні довгих м'язів голови і шії, передніх прямих м'язів голови, грудино-ключично-соскоподібного м'язу, м'язів переднього відділу шії.



**Розгинання голови** пов'язано з функцією ремінних м'язів голови і шиї, довгих м'язів голови і шиї, а також і грудино-ключично-соскоподібного м'язу.

**Бічні нахили голови** здійснюються переважно за рахунок скорочення прямої і бічних м'язів голови однойменної сторони, а також комбінованої функції інших м'язів передньої і задньої областей шиї.

**Повороти голови** навколо вертикальної осі можливо завдяки комбінації скорочення м'язів з косим напрямком м'язових пучків, а саме ремінних м'язів голови і шиї, півосьового м'яза голови і шиї і однією з грудинно-ключично-соскоподібного м'язів.

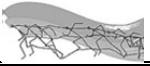
У всіх випадках при нижній опорі (положення стоячи або сидячи) механізм рухів голови і окремих частин тулуба здійснюється за типом важеля першого роду, тобто важеля рівноваги.

Рухи хребетного стовпа подібні до змін положення і форми пружного стрижня, укріпленого на штативі. Разом з тим всі рухи хребетного стовпа контролюються і спрямовуються його суглобами, а в грудному відділі значно обмежуються ребрами. Найбільш рухомими є шийний, нижній грудний і верхній поперековий відділи хребетного стовпа. **Схематично різноманітність форми рухів хребетного стовпа може бути представлена в наступному вигляді: рухи навколо фронтальної осі (згинання та розгинання) – загальний розмах 170-245°; рухи навколо сагітальної осі (відхилення в боки) – близько 55°; обертання навколо вертикальної осі – до 90° (значною мірою визначається тренуваністю).**

**Рухи голови** можуть бути класифіковані наступним чином: **згинання та розгинання** визначається ковзної рухливістю в усіх суглобах шийного відділу хребетного стовпа; **повороти** навколо вертикальної осі, в яких беруть участь лише атланта-потиличні і атланта-осьові суглоби; **бічні нахили** голови, що визначаються також головним чином суглобами двох верхніх шийних хребців; **кругові обертання**, що відбуваються в суглобах нижніх трьох-чотирьох шийних хребців.

**У молодому віці хребетний стовп більш рухливий**, у людей похилого обсяг рухів у всіх його відділах різко обмежується. Це пояснюється деяким сплюсненням і частковим окостенінням міжхребцевих дисків, а іноді і рядом захворювань (найчастіше – остеохондрозом, деформуючим спондиліозом тощо). Такі захворювання зазвичай носять професійний характер (важка фізична праця, спорт). Шляхом фізичних вправ об'єм рухів хребетного стовпа може бути збільшений за рахунок резервної еластичності зв'язкового апарату і тренуваності м'язів.

**Верхні кінцівки** є самими рухливими ланками опорно-рухового апарату тіла людини. Наряду з цим, вони є пристосованими до перенесення значних силових навантажень. До основних рухам верхніх кінцівок у трудовій (або спортивній) діяльності людини відносяться: перекладання і перенесення предметів; підняття або утримання предмета, відштовхування, піднімання і опускання верхньої кінцівки, рухи кисть, ударні рухи; пронаторно-супінаторні рухи; обертання; тиск на предмет тощо.



**Рисунок 40. Класифікація рухів верхньої кінцівки тіла людини**

**Перекладання і перенесення предметів** – найбільш розповсюджена форма рухів вільної верхньої кінцівки; при цьому передпліччя і кисть, в більшості випадків, напівпроновані. Робота м'язів спрямована на згинання ліктьового, розгинання та приведення (рідше згинання) променевоzap'ястного та розгинання і приведення (рідше відведення) плечового суглобів. Рідше при цій формі рухів дистальні відділи кінцівок повністю проновані (веслування тощо) або ж, навпаки, супіновані (видкривання ящика тощо).

**Підняття або утримання предмета** вимагає, як правило, напівпронованого (рідше пронованого) положення передпліччя і кисті. При цьому основна робота м'язів спрямована на стиснення пальців і згинання ліктьового (іноді і плечового) суглоба, переважне навантаження припадає на згиначі пальців, плече-променеви м'яз, променеві згиначі та променеві розгиначі зап'ястя, двоголовий м'яз плеча і частково велику грудну і передню частину дельтоподібного м'яза. При утриманні предмета (носіння вантажу у витягнутій руці), окрім скорочення згиначів пальців, значною мірою напружені всі м'язи вільної верхньої кінцівки, що перешкоджає розтягненню зв'язкового апарата.

**Відштовхування предмета** (штовхання ядра) вимагає активної участі розгиначів, при цьому найбільше навантаження припадає на триголовий м'яз плеча. Одночасно значно скорочується передній зубчастий м'яз, що з силою висуває верхню кінцівку вперед.

При підніманні необтяженої верхньої кінцівки вперед скорочуються двоголовий м'яз плеча, великий грудний м'яз і м'язи радіального відділу передпліччя.

**При ударних рухах** верхні кінцівки знаходяться переважно в напівпронованому положенні, а робота м'язів полягає в наступному. Попередне



підняття руки, крім напруги згиначів пальців, вимагає скорочення всіх згаданих в попередньому випадку м'язів, але останні внаслідок обтяження руки повинні працювати з великою напругою. Забезпечення удару визначається головним чином силовим скороченням триголового м'язу плеча і всіх м'язів долонного відділу передпліччя.

**Пронаторно-супінаторні рухи** при зігнутому ліктьовому суглобі здійснюються переважно за рахунок скорочення згиначів та розгиначів передпліччя, а при розігнутій верхній кінцівці в таких рухах беруть участь велика і мала грудні, надостьовий та підостьовий м'язи, найширший м'яз спини, а також передня і задня частини дельтоподібного м'яза.

**При кругових рухах** верхньої кінцівки по черзі включаються в роботу м'язи, які піднімають, відводять і опускають плече і плечовий пояс. Отже, в цьому беруть участь двоголовий м'яз плеча, великий грудний та передній зубчастий м'язи, всі частини дельтоподібного і верхні пучки трапецієподібного м'язів, м'яз, що піднімає лопатку, ромбоподібні м'язи і частково (при форсованому опусканні плечового пояса) мала грудна, підключична і нижні пучки трапецієподібного м'язу.

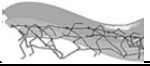
**Тиск на предмет** у вертикальному напрямку дає можливість використовувати верхні кінцівки для силового впливу на важелі другого роду. Ця функція вимагає переважно роботи розгиначів, що діють на ліктьовий суглоб. Крім того, при цьому значною мірою напружені всі м'язи переднього відділу передпліччя, що переходять на кисть, оскільки їх роль в даному випадку полягає в зміцненні променевоzap'ястного суглоба та запобіганні його перенапруженню.

У функціональному відношенні найбільш важливою частиною верхньої кінцівки є **кисть**. Велика складність та значна різноманітність рухів, що здійснюються кистю, забезпечується головним чином наступними обставинами: наявністю найбільш досконалих форм протиставлення великого пальця; диференційованістю рухів кожного з пальців; великою рухливістю променевоzap'ястного суглоба; чіткою координацією всіх видів руху кисті і кінцівки в цілому, обумовленої функцією центральної нервової системи (ЦНС).

Деякі позиції верхніх кінцівок створюють сприятливі умови для активної участі допоміжної дихальної мускулатури в механізмі дихання. До них відносяться: фіксація плечового пояса шляхом скорочення ромбовидних м'язів; упор розігнутих верхніх кінцівок (на стіл, спинку стільця тощо); опора кисті на полицю; опора тулуба (на спинку стільця, крісла тощо); положення рук на стегнах. Навпаки, опускання плечового пояса, що в більшості випадків носить пасивний характер (дія сили тяжіння) і зазвичай має місце при сильній м'язовій втоми, несприятливо позначається на глибині вдиху і призводить до поверхневого дихання.

### **Контрольні питання:**

1. Назвіть осі та площини людського тіла та дайте їм характеристику.
2. З якою метою тіло спортсмена може розглядатися через систему уявних



- площин?
3. Які види рухів суглобів спортсмена можливі під час виконання фізичних вправ? Наведіть приклади.
  4. Що таке загальний центр тяжіння тіла (ЗЦТ) людини? Від чого залежить розташування ЗЦТ при здійсненні людиною різних рухів?
  5. Для чого оцінюють ЗЦТ при тренуванні спортсменів, при фізичній реабілітації людини після травм опорно-рухового апарату?
  6. Охарактеризуйте особливості механізмів руху тулуба тіла людини під час виконання різних вправ? Які м'язи забезпечують таку діяльність?
  7. Охарактеризуйте особливості механізмів руху голови тіла людини під час виконання різних вправ? Які м'язи забезпечують таку діяльність?
  8. Охарактеризуйте особливості механізмів руху верхньої кінцівки людини під час виконання різних вправ? Які м'язи забезпечують таку діяльність?
  9. В чому полягають функціональні особливості руху кисті під час виконання різних рухів?



## ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 3.4

### ОСОБЛИВОСТІ ОПОРНО-РУХОВОГО АПАРАТУ ЛЮДИНИ. ВИДИ ВАЖЕЛІВ БІОМЕХАНІЧНОЇ СИСТЕМИ

#### План практичного заняття

1. Структурна схема опорно-рухового апарату людини. Біокінематичні пари та ланцюги біоланок.
2. Особливості визначення числа ступенів свободи біокінематичних ланцюгів.
3. Характеристика 15-ланкової моделі тіла людини.
4. Важіль як біомеханічна категорія.
5. Важелі I та II роду. Умови збереження положення ланцюгів та їх рухів як важелів.
6. “Золоте правило” механіки у рухах людини.

#### Рекомендована література

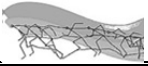
1. Брижаний О.В. Біомеханіка: модульна система навчання: Навчальний посібник для факультетів фізичного виховання педагогічних вузів та педагогічних університетів. – Суми: ВВП “Мрія” ЛТД, 1997. – 64 с.
2. Практическая биомеханика / А.Н.Лапутин, В.В.Гамалий, А.А.Архипов и др.; А.Н.Лапутин (общ. ред.). – К.: Науковий світ, 2002. – 298 с.
3. Зациорский В.М., Аруин А.С., Селуянов В.П. Биомеханика двигательного аппарата человека. – М.: ФиС, 1981. – 143 с.
4. Иваницкий М.Ф. Анатомия человека (с основами динамической и спортивной морфологии): Учеб. для ИФК. – М.: ФиС, 1985. – 544 с.
5. Миронова З.С. и др. Перенапряжение опорно-двигательного аппарата у спортсменов. – М.: ФиС, 1982. – 95 с.

#### Методичні рекомендації до практичного заняття

Біомеханіка вивчає переважно ті особливості будови і функцій тіла людини та її опорно-рухового апарату, які мають найбільше значення для удосконалення рухових дій. Відволікаючись від деталей анатомічної будови і фізіологічних механізмів рухового апарату, розглядають спрощену модель тіла людини – **біомеханічну систему**. Вона володіє основними властивостями, важливими для виконання рухової функції, але не включає в себе більшості другорядних деталей.

**Біомеханічна система** – це сукупність живих об’єктів (органів, тканин), які характеризуються загальними особливостями при проявах законів механічного руху, а також загальними особливостями способів управління ними, участі в цих рухах або в їх використанні. Розрізняють системи **активні** (всього тіла, рухового апарата) і **пасивні** (внутрішніх органів, м’язих та рідких тканин). Особливий інтерес для вивчення рухів людини являє біомеханічна система його рухового апарата, яка служить:

- джерелом енергії;



- механізмом для передачі зусиль;
- об'єктом руху;
- системою керування.

Біомеханічна система – це спрощена копія, модель тіла людини, на якій можна вивчати закономірності її рухових дій. Таким чином, біомеханічна система тіла людини складається з **біомеханічних ланцюгів**. Більшість частин тіла, з'єднаних рухомо, утворюють біокінематичні ланцюги. До них прикладені сили (навантаження), які викликають деформації самих біоланок та зміну їх руху.

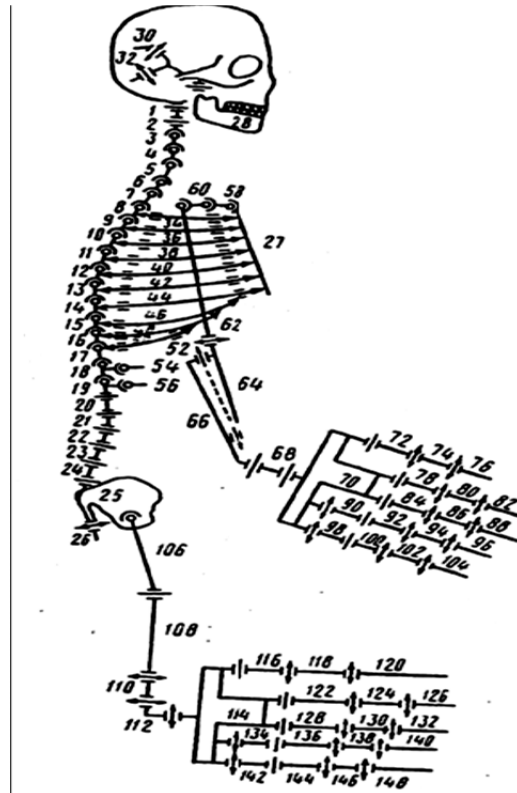


Рисунок 41. Структурна схема опорно-рухового апарату людини (за А. Morecrietal, 1981)

Складовими частинами біомеханічної системи є **біокінематичні ланцюги** – ланцюги між багатьма частинами тіла, що рухомо з'єднані. До цих ланцюгів прикладаються сили (навантаження), які викликають деформацію і зміну рухів.

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

Навантаження, що зумовлюють **розтягнення**, – це найбільш характерні навантаження для м'яких тканин. Вони виникають, наприклад, при висах (рис.42, а) або під час утримання вантажу в опущених руках.

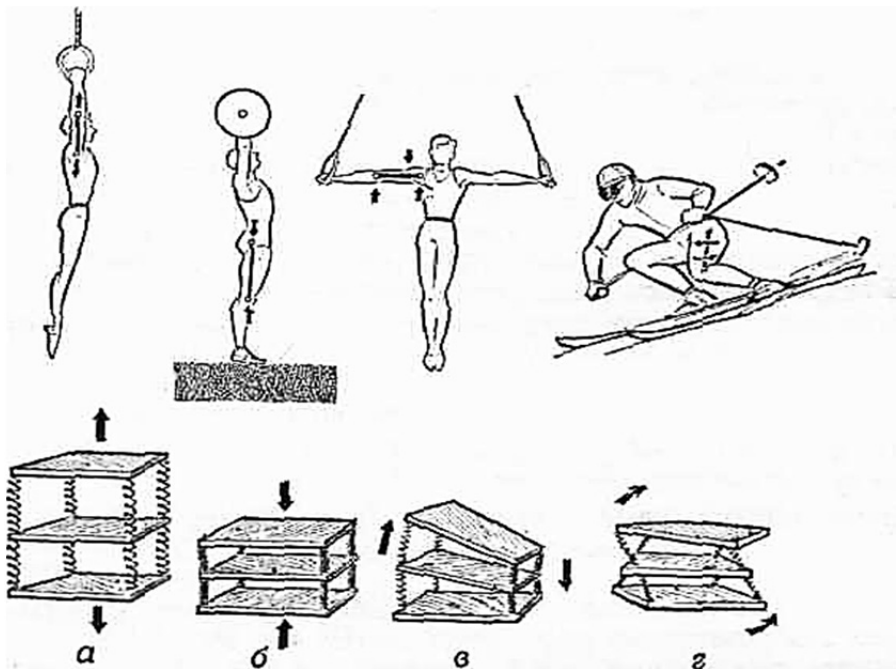
Навантаження, що створюють **стискання** кісток і хрящів, зустрічаються найчастіше при вертикальному положенні тіла на опорі



(рис. 42, б). У цьому випадку на скелет діють, з одного боку, сили тяжіння тіла і вага зовнішніх обтяжень, а з іншого – тиск опори.

Навантаження, що викликають **вигин**, зазвичай зустрічаються, коли кістки виконують роль важелів. У цих випадках додані до них сили м'язів і сили опору спрямовані поперек кісток і викликають вигин (рис. 42, в).

Нарешті, навантаження, що зумовлюють **кручення**, найчастіше зустрічаються при обертальних рухах ланки навколо поздовжньої осі (рис. 42, г).



**Рисунок 42. Навантаження, що викликають деформацію:**  
**а – розтягнення; б – стискання; в – вигин; г – кручення.**  
**На схемах внизу – зміщення елементів (за С. Е. Хайкіпом)**

**Біокінематична пара** – це рухоме (кінематичне) з'єднання двох біоланок у суглобі, будова якого і керуючі дії м'язів визначають можливі варіанти взаємного механічного переміщення з'єднаних ним частин тіла.

**Біокінематичні пари бувають:**

- **поступальні** – одна ланка може переміщатися поступального по іншому (наприклад, бічні рухи нижньої щелепи);
- **обертальні** (наприклад, повороти в циліндричних і кулястих суглобах тіла людини);
- **гвинтові** з поєднанням поступального і обертального рухів (наприклад, в гомілковостопному суглобі). З'єднання, що допускають поворот ланок пари, називають **шарнірами**.

**Біокінематичний ланцюг** – це послідовне **незамкнуте** (розгалужене), або **замкнуте** з'єднання біоланок через біокінематичні пари. Біокінематичні ланцюги бувають замкнені і незамкнені.

В **незамкнених** ланцюгах є вільна біоланка, яка з'єднана лише з однією біоланкою. В незамкнутому ланцюгу можливі ізольовані рухи в кожному





суглобі. При виконанні рухових дій рухи в незамкнутих ланцюгах проходять одночасно в багатьох суглобах, але можливість ізольованого руху не виключена. Такі ізольовані рухи геометрично незалежні від рухів в інших з'єднаннях (якщо не враховувати взаємодії м'язів). Наприклад, вільні кінцівки, коли їх кінцеві ланки вільні, являють незамкнуті ланцюга.

У **замкнутих ланцюгах** немає вільної кінцевої ланки: кожна біоланка обов'язково з'єднана двома біопарами. В замкнутому ланцюгу ізольовані рухи в одному суглобі неможливі: у цей рух одночасно втягуються й інші з'єднання. Так, наприклад згинаючи і випрямляючи ноги у випаді, можна переконатися в тому, що рух в будь-якому суглобі неодмінно викликає рухи і в інших.

Значна частина незамкнутих біокінематичних ланцюгів характеризується наявністю багато суглобових м'язів. Тому рухи в одних суглобах за участю таких м'язів обов'язково пов'язані з рухами в сусідніх суглобах. Але при точному керуванні рухами у багатьох випадках цей взаємний зв'язок можна "виключити". В замкнутих ланцюгах зв'язок невизначений і дії м'язів обов'язково передаються на інші суглоби. Рухи в незамкнутих ланцюгах характеризуються відносною незалежністю ланок. У замкнутих ланцюгах рухи одних ланок впливають на рухи навіть віддалених ланок (допомагають або заважають). У замкнутих ланцюгах можливостей рухів менше, але управління ними точніше, ніж в незамкнутих.

У біокінематичних парах рухового апарату людини з'єднання двох ланок здійснюються таким чином, щоб створити лише наперед задані (визначені) рухи. Це забезпечується **ступенями свободи** окремих ланок і організму в цілому, що і визначає спрямованість руху. Суттєвим є те, що кількість з'єднань ланок і кількість ступенів вільності живого організму набагато перевищує те, з чим має справу теорія механізмів і машин (тобто є більшою, ніж 1).

Кожен зв'язок, що накладається, **зменшує кількість ступенів вільності**:

- зафіксувавши одну точку вільного тіла зразу відбирають у нього 3 ступені вільності (можливих лінійних переміщень відносно основних трьох координатних осей); приклад: шароподібний суглоб, у якому зменшилася кількість ступенів вільності до трьох;
- закріплення двох точок тіла відповідає фіксації його на осі, що проходить крізь ці точки – залишається одна ступінь вільності;
- закріплення трьох точок повністю відбирає у тіла можливість руху; тому таке з'єднання до суглобів не відноситься.

До суглобів з **трьома ступенями** вільності відносяться шароподібні суглоби, де можливі рухи у наступних напрямках: поворот; приведення і відведення у фронтальній площині; згинання та розгинання. Такими суглобами є: плечовий, тазостегновий.

До суглобів з **двома ступенями** вільності відносяться: колінний суглоб (який припускає згинання і розгинання, а також деякий поворот голені відносно стегна), зап'ястно-п'ясний суглоб великого пальця кисті руки і деякі інші.

Суглобами з **одним ступенем** вільності є плече, ліктьовий, міжфалангові суглоби пальців, сочленіння стопи з великою стегною кісткою.



Розрахунок числа ступенів вільності кінематичного ланцюгу проводиться за наступною формулою:

$$N = 6n - \sum i P_i$$

де  $N$  – число ступенів вільності,  $n$  – кількість рухомих ланок кінематичного ланцюга,  $i$  – число обмежень ступенів вільності в з'єднаннях – суглобах,  $P_i$  – число з'єднань з  $i$ -обмеженнями, при цьому:  $\sum P_i = n - 1$ .

Загальна кількість ступенів вільності тіла людини складає близько:  $6 \cdot 144 - 5 \cdot 81 - 4 \cdot 33 - 3 \cdot 29 = 240$ , але з повною достовірністю точна кількість невідома.

Число ступеней вільності, наприклад, руки, можна розрахувати за цією залежністю:

$n = 18$ ,  $\sum f = 27$ ,  $\sum \lambda_n(\lambda) = 35$ ,  $P_i = 1$  (знак  $\Sigma$  означає суму за усіма змінними).

Для відкритого біокінематичного ланцюга отримаємо:  $N = \sum f = 27 = 27$ .

У цій залежності  $n$  характеризує число рухомих сегментів: плече, передпліччя, зап'ястя, 1-5-п'ясні кістки, проксимальні та дистальні фаланги пальців кисті,  $\sum f$  – число ступенів вільності біокінематичних пар;  $\sum \lambda_n(\lambda)$  – число сегментів, які мають  $\lambda$  з'єднань: плече має 2 суглоби; передпліччя, 1-5-п'ясні кістки і проксимальні фаланги пальців – також по 2. Дистальні фаланги пальців мають по 1 суглобу. Зап'ястя має 6 суглобів (променеве зап'ястний, зап'ясно-п'ястний 1-го і п'ясно-фалангові 2-5-го пальців).

З одного боку, устрій пасивного апарату людини (кістки, суглоби) створює невизначеність руху, а з іншого м'язи (їх управляючі рухи) накладають додаткові **ступені зв'язку** і залишають необхідну кількість ступенів вільності. Так і забезпечується необхідна можливість рухів. Таким чином, м'язи – це той апарат, що забезпечує управління рухами і спрямовує рух у наперед заданому напрямку. Крім того, своєрідність процесів управління рухами людини зумовлена також особливостями м'язової системи, як системи двигунів, що перемагають зайві ступені вільності.

Опорно-руховий апарат людини містить біля 70 ланок. Але такого досконалого опису геометрії мас взагалі не потрібно. Для розв'язку більшості практичних задач достатньо **15-ланкової моделі** тіла людини. У 15-ланковій моделі (рис.43) деякі ланки складаються з деяких елементарних ланок. Тому такі збільшені ланки мають назву **сегментів**.

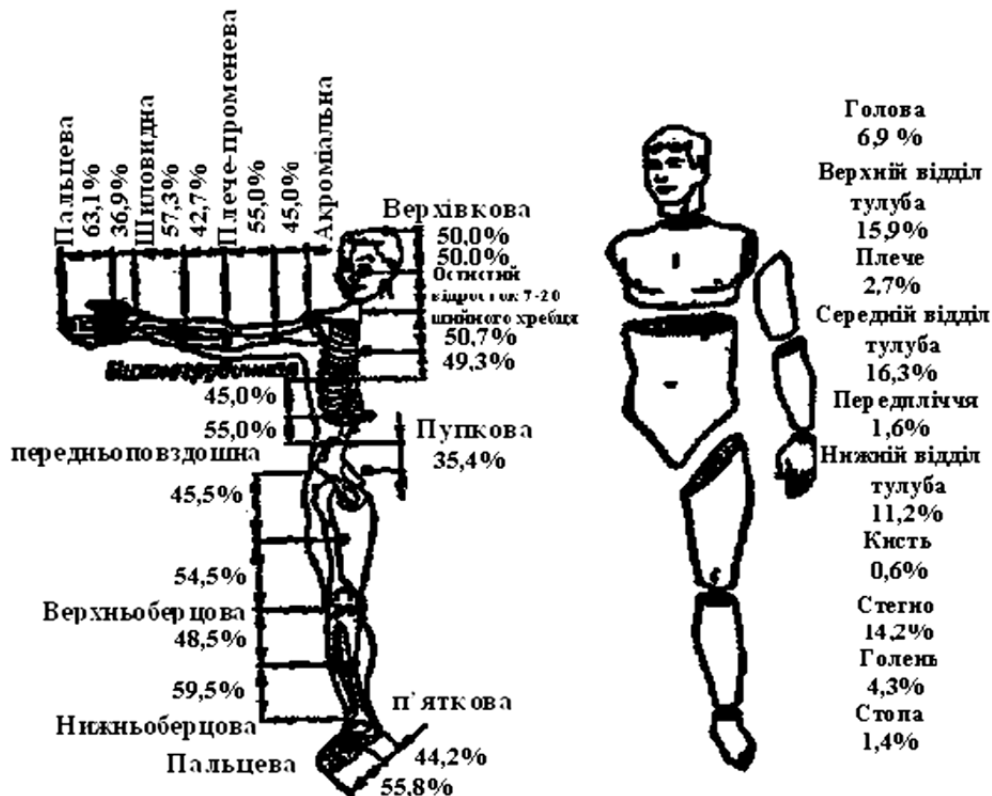
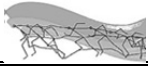


Рисунок 43. 15-ланкова модель тіла людини  
(зліва – місця розташування ЦТ ланок,  
справа – відносні маси ланок опорно-рухового апарату людини)

Наведені на рисунку значення є вірними для “середньо статистичної людини”, вони отримані шляхом усереднення результатів дослідження багатьох людей. Індивідуальні особливості людини, і в, першу чергу, маса і довжина тіла, впливають на геометрію мас.

Біомеханічні ланки являють собою своєрідні важелі і маятники. Кістки, які з’єднані рухомо, утворюють основу біокінематичних ланцюгів. Прикладені до них сили (м’язової тяги та інші) діють на ланки біокінематичних ланцюгів, **як важелі**. Це дозволяє передавати дію сили через ланки на відстані, а також змінювати ефект прикладених сил.

**Кісткові важелі**, які з’єднані рухомо у суглобах, можуть під дією прикладених сил зберігати положення і змінювати його. Усі сили, що прикладені до кісткової ланки як до важеля, можна поділити на групи:

- сили, які лежать у площині осі суглобу (вони не можуть вплинути на рух навколо цієї осі);
- сили, які мають складові, що лежать у площині, яка є перпендикулярною до осі важеля (ці сили можуть вплинути на рух навколо цієї осі в двох прямо протилежних напрямках), тобто рухомі (направлені за рухом) і гальмівні (направлені протилежно до руху).



Рухи людини здійснюються за законами важелів. **Важелі** – це окремі кісткові ланки людського тіла, наприклад, кістки плеча, передпліччя, стегнові кістки, кістки гомілок, стоп, голови, хребта. На кожну кісткову ланку звичайно діють **дві сили**: м'язова сила та сила ваги даної кісткової ланки. У залежності від місця прикладення сил стосовно точки опори важеля або осі обертання розрізняють **“важелі рівноваги”, “важелі швидкості” і “важелі сили”**.

**Важіль I роду** – **“важіль рівноваги”**, це важіль у якого сили розташовані з обох сторін від точки опори (осі обертання) і спрямовані в одну сторону. Плечем важеля вважають перпендикуляр, опущений з точки опори важеля (осі обертання) на напрямок м'язової сили або ваги; плече важеля відповідає відстані від точки опори важеля до точки прикладення сил (рис. 44).

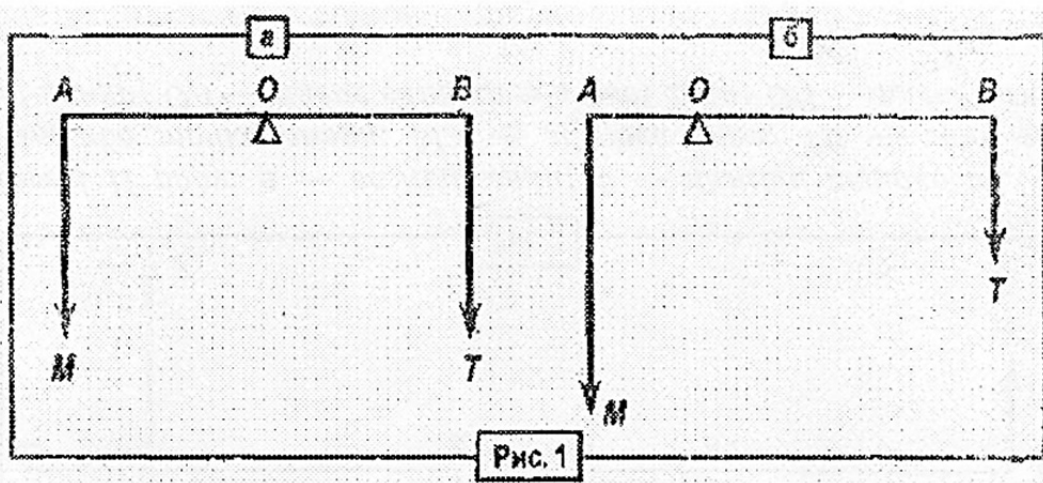


Рисунок 44. Важелі I роду:

а – з рівними плічми; б – з нерівними плічми

(O – вісь обертання, або точка опори; MA – м'язова сила; TB – сила ваги даної кісткової ланки; OA — плече важеля м'язової сили; OB — плече важеля сили ваги)

За законом важеля I роду відбуваються рухи голови, хребта. При асиметричній зміні м'язової сили, сили ваги кісткової ланки виникає порушення рівноваги важеля, і це клінічно виявляється порушенням постави в сагітальній або фронтальній площині.

**Важелем II роду** називається такий важіль, у якого сили, прикладені до нього розташовані з одного боку від точки опори або осі обертання і спрямовані різні сторони. Цей важіль має два різновиди в залежності від того, яка сила (сила ваги і або м'язова) буде розташована ближче до точки опори (осі обертання). Якщо сила ваги знаходиться ближче до точки опори і плече її важеля менше плеча важеля м'язової сили, то такий важіль II роду називається **“важелем сили”** (рис. 45, а).

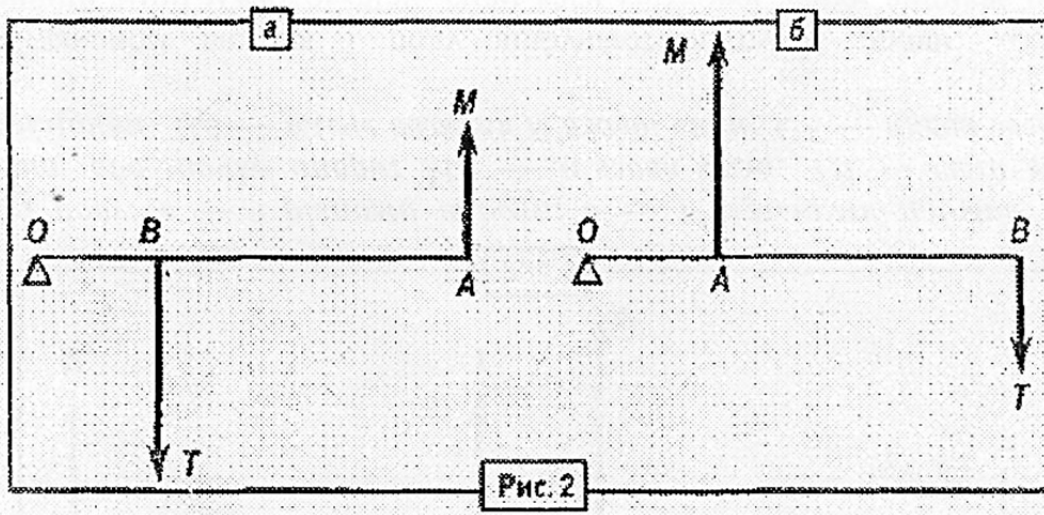
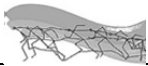


Рисунок 45. Важелі II роду:

а – важіль сили; б – важіль швидкості

(О – вісь обертання, або точка опори; МА – м’язова сила; ТВ – сила ваги даної кісткової ланки; ОА — плече важеля м’язової сили; ОВ — плече важеля сили ваги)

Якщо м’язова сила розташована ближче до точки опори і плече її важеля менше ніж плече важеля сили ваги, то такий важіль II роду називається “важелем швидкості” (рис. 45, б).

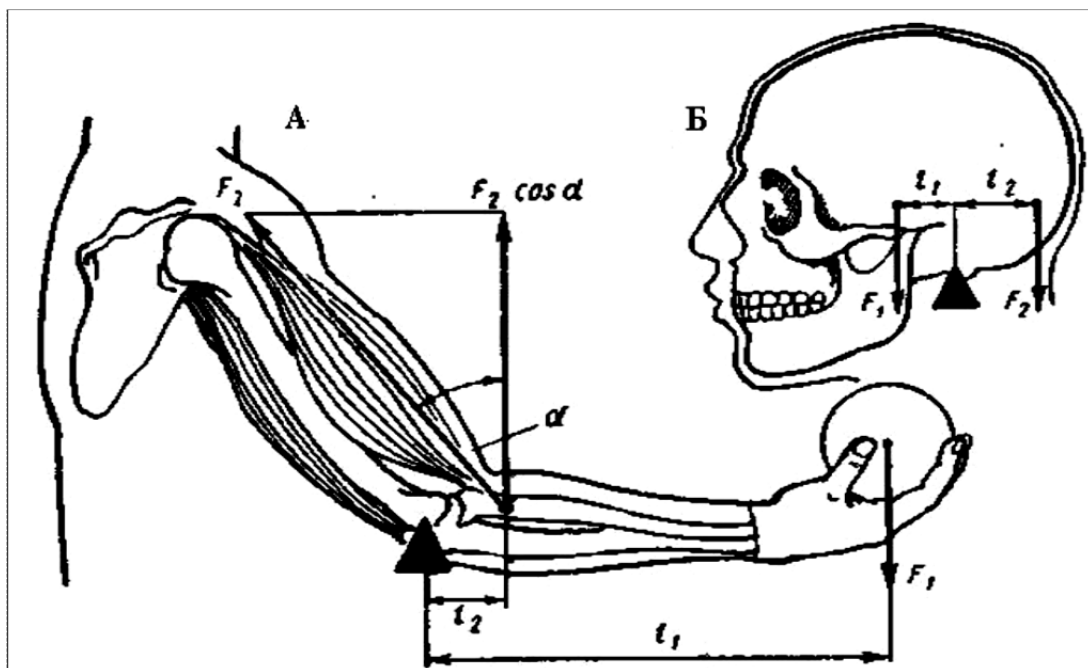
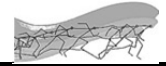


Рисунок 46. Приклади важелів різного роду:

А – передпліччя – важіль III роду, Б – голова – важіль I роду

Рухи кінцівок відбуваються переважно за законом важелів II роду. Рух стопи під час підйому навшпиньки є прикладом руху за законом “важеля



**сили**". У цьому русі точкою опори служать головки плесневих кісток, сила ваги тіла проходить через кульшові суглоби, кісти стегна, гомілку, таранні кісти, і давить униз, а м'язи задньої поверхні гомілки протидіють силі ваги і прагнуть утримати тіло в стані рівноваги при його положенні стоячі на носках. При цьому має місце рівність моментів обертання сили ваги і м'язової сили. Якщо м'язи, що розташовані по задній поверхні гомілки, слабкі, людина не в змозі утримуватися в рівновазі, стоячі на носках, оскільки момент обертання м'язової сили буде менше, ніж момент обертання сили ваги. У цьому випадку рівновага порушиться, і людина буде прагнути встати на повну ступню. Необхідні вправи для зміцнення м'язів, розташованих на задній поверхні гомілки, тобто м'язів-згиначів стопи (триглавий м'яз гомілки, підошовний м'яз, задній великогомілковий м'яз, довгий згинач пальців, довгий і короткий малоомілковий м'яз). Крім того, необхідно порадити пацієнтові зменшити масу тіла (схуднути, якщо вага його перевищує нормальні показники).

Прикладом руху за законом "**важеля швидкості**" служить згинання руки ліктьовому суглобі.

Знання законів важелів I та II роду допомагає правильно вибрати найбільш оптимальні вихідні положення (ВП) для виконання фізичних вправ.

**Умови збереження положення ланцюгів та їх рухів як важелів.** Для **рівноваги важеля** необхідно рівність моментів прикладених сил протилежної дії відносно осі важеля; а **для прискорення важеля** – відповідно нерівність цих моментів сил.

В результаті дії протилежних сил ланка як важіль має можливість:

- зберігати положення або продовжувати рух з попередньою швидкістю;
- отримати прискорення у бік тієї чи іншої сили.

**Ефект сумісної дії сил залежить від співвідношення їх моментів.**

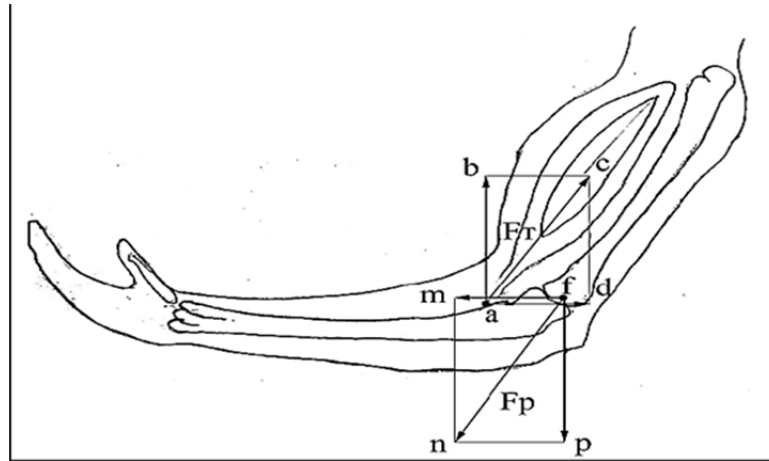
Якщо моменти обох сил рівні, то, або зберігається нерухоме положення важеля, або триває рух із швидкістю, наявною в момент зрівнювання обох моментів. Коли момент однією з сил більше моменту іншої сили, виникає прискорення в той бік, куди спрямована сила більшого моменту. Якщо більше момент сили м'язової тяги, м'яз скорочується (долаюча робота) і плече важеля переміщується в її бік. Якщо більше момент сили тяжіння, то м'яз розтягується (уступальна робота) і плече важеля переміщується в іншу сторону.

Отже, для приведення тіла (окремої ланки) до руху потрібна пара сил. У суглобі пара сил утворюється **силою тяги м'язів і реактивною силою**, при чому остання утворюється внаслідок тиску однієї суглобної поверхні на іншу.

Розглянемо цю обставину на прикладі обертального руху при згинанні у ліктьовому суглобі (рис. 47).

На рисунку 47 через  $F_T$  – позначено силу тяги двоголового м'язу за променевою кістку. Ця сила розкладається на дві складові: обертальну силу ( $ab$ ) і силу тиску променевої кістки на плечову ( $ad$ ).

Сила  $F_T$  при перенесенні своїм початком у точку прикладення  $f$ , являє собою тиск, який відбувається вздовж плечової кістки. Цій силі протидіє реактивна сила  $F_P$ , яка може бути розкладена на сили  $fm$  і  $fp$ . Сила  $F_T$  разом із силою  $F_P$  утворює пару сил, що призводять до згинання у ліктьовому суглобі.

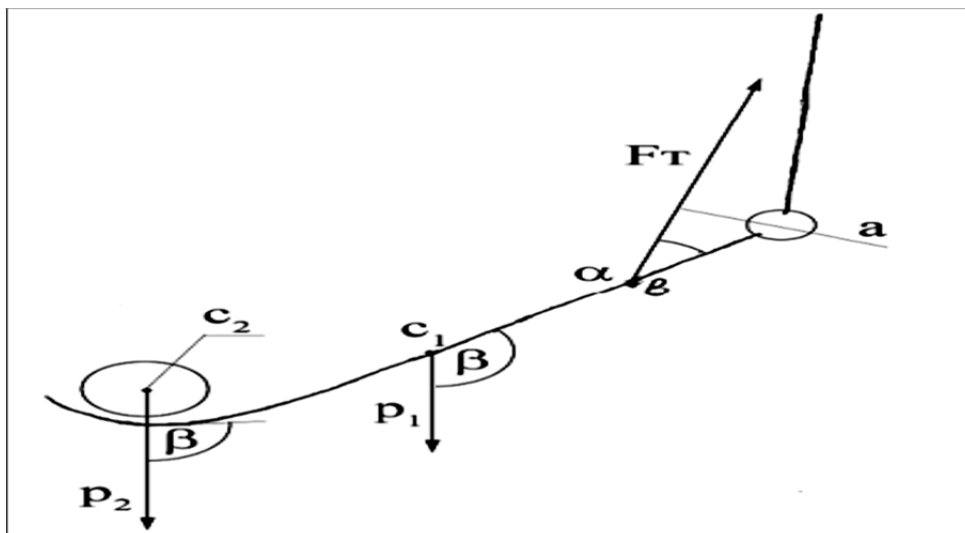


**Рисунок 47. Схема дії пари сил при обертальному русі в суглобі ( $F_T$  – силу тяги двоголового;  $F_P$  – реактивна сила)**

Якщо б реактивна сила була б відсутня, то замість згинання у ліктьовому суглобі відбулося б переміщення передпліччя за напрямком тяги двоголового м'язу.

Для визначення обертального моменту  $M (F)$ , величину м'язової сили (або іншої діючої сили, наприклад, сили тяжіння)  $F$  помножують на її плече  $d$  (перпендикуляр, який опущений з центру суглобу на лінію дії сили).

Розглянемо динамічну схему обертання в ліктьовому суглобі, де кості передпліччя утворюють важіль III роду (рис. 48).



**Рисунок 48. Динамічна схема обертального руху в ліктьовому суглобі**

Припустимо, що плече займає вертикальне положення, а передпліччя зігнуто під деяким кутом.

Двохголовий м'яз тягне променеву кістку вгору. Момент обертання двоголового м'язу дорівнює добутку сили  $F_T$  на плече  $l=ab$  і  $\sin\alpha$ .



Двоголовий м'яз працює проти сили тяжіння – ваги передпліччя і кисті ( $P_1$ ) і ваги тіла, яке лежить на кисті ( $P_2$ ). Обидва ці моменти спрямовані донизу і діють під однаковим кутом  $\beta$ .

Місцем прикладення сили  $P_1$  є центр тяжіння системи «передпліччя – кисть» ( $C_1$ ), тобто а місцем прикладення сили  $P_2$  – центр тяжіння тіла ( $C_2$ ).

Обертальні моменти цих сил у відношенні до ліктьового суглобу дорівнюють:

$$M(P_1) = P_1 \cdot l_1 \cdot \sin\beta$$

$$M(P_2) = P_2 \cdot l_2 \cdot \sin\beta$$

Для того, щоб м'яз утримував вантаж (**умова рівноваги**) необхідно, щоб момент сили м'яза і моменти сили тяжіння урівноважували один одного:

$$M(FT) = M(P_1) + M(P_2)$$

В цьому випадку **м'яз буде виконувати утримуючу роботу**.

У випадку:  $M(FT) > M(P_1) + M(P_2)$  у ліктьовому суглобі **відбувається згинання, а м'яз буде виконувати переможну роботу**.

У випадку:  $M(FT) < M(P_1) + M(P_2)$  у ліктьовому суглобі **відбувається розгинання, а м'яз буде виконувати уступальну роботу**.

Зрозуміло, що зі зміною положення частин тіла, тобто зі зміною кутів між ланками тіла, змінюється і плече сили тяжіння м'язів. Разом із цим, змінюються і механічні умови прояву м'язової сили. Якщо плече цієї сили підвищується, то механічні умови для роботи м'язів полегшуються. При скороченні м'язу кут його підходу до кістки збільшується, а отже, збільшується плече сили і обертальний момент, тобто сила тяги м'язу зменшується. Таким чином, механічні і фізіологічні умови прояву м'язової сили під час руху в суглобі, змінюються у протилежних напрямках.

**“Золоте правило” механіки у рухах людини.** Важільний устрій рухового апарату дає людині можливість кидати тіла на великі відстані, виконувати сильні удари тощо. Але ми виграємо у швидкості і потужності руху ціною підвищення сили м'язового скорочення. Наприклад, для того, щоб згинати руку у ліктьовому суглобі, переміщувати тіло масою 1 кг (тобто із силою тяжіння 10 Н), двоголовий м'яз плеча повинен розвивати силу 100-200 Н. Обмін сили на швидкість є тим більше вираженим, чим більшим є співвідношення плечей важеля. **Робота, що здійснюється силою, прикладеної на одному плечі важеля, передається на інше плече.**

Сила тяги м'яза, прикладена на короткому плечі важеля, викликає у стільки разів більший зсув іншого плеча, у скільки перше плече коротше другого. У зв'язку з тим, що різні шляхи можна пройти за один і той же час, тут є виграш у швидкості. Сила, передана на довге плече важеля, як раз в стільки ж разів менше, ніж прикладена. Таким чином, виграш у швидкості досягається за рахунок програшу в силі. Майже всі м'язи в тілі людини прикріплюються біля суглобів (коротке плече важеля); це призводить до виграшу в шляху (а, отже, і в швидкості) при програші в силі. При більшій частині положень кісткового важеля м'язові тяги спрямовані під гострим або тупим кутом до ланцюга (вздовж ланки), що сприяє непоправним втратам в силі м'язів (зменшується





обертальна тяга). Нормальна ж (прихована) тяга в цьому випадку сприяє зміцненню суглоба, через який переходить м'яз.

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

У зв'язку з особливостями прикладання м'язових тяг до кісткових важелів необхідні значні напруження м'язів для виконання не тільки силових, а й швидкісних рухів. **Вхідні в біокінематичні ланцюга ланки тіла утворюють системи складових важелів, в яких “золоте правило” механіки проявляється набагато складніше, ніж в простих одиночних важелях.**

Через те, що м'язи, в більшості випадків, прикріплюються недалеко від суглобу, то плече сили тяги м'язу є коротким. У зв'язку з цим **м'язи, які діють на кісткові важелі, майже завжди дають виграти у швидкості, програючи у силі (“золоте правило” механіки у рухах людини).**

**Виділяють дві причини програшу в силі:**

- прикріплення м'язу поблизу суглобу (невелике плече сили);
- тяга м'язу вздовж кістки під дуже гострим (або тупим) кутом (це також зумовлює невелике плече сили).

Можна вказати і на третю причину втрат у силі м'язів: при великих навантаженнях навантажуються усі м'язи, які оточують суглоб (через ланковий механізм).

Крім того, є м'язи-антагоністи, які створюють моменти сил, котрі спрямовані протилежно, через що ці м'язи корисної роботи не виконують, а енергію витрачають. Але все одно в цьому є і **позитивний зміст**: хоча і виникають втрати енергії, суглоб під час великих навантажень отримує підкріплення напругою м'язів, які його оточують.

Таким чином, у зв'язку з особливостями прикладання м'язових тяг до кісткових важелів, виникають значні напруження м'язів при швидкісних і силових рухах. Виграш у силі і підкріплення суглобів потребують значного розвитку сили м'язів.

### **Контрольні питання:**

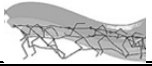
1. У чому полягають основні особливості опорно-рухового апарату людини та його відмінності від звичайних механізмів? Відповідь обґрунтуйте.
2. Охарактеризуйте механічні властивості суглобів. Яке максимально припустиме навантаження на суглоби?
3. Що таке біомеханічна ланка, біокінематична пара, біокінематичний ланцюг?
4. Охарактеризуйте основні принципи моделювання тіла людини як біомеханічної системи. Поясніть, чому м'язову систему вважають системою двигунів, що перемагають зайві ступені вільності рухів?



5. Поясніть, від чого залежить рухомість тієї чи іншої ланки тіла людини. Скільки ступенів свободи має: плечовий суглоб, колінний суглоб, ліктьовий суглоб, зап'ястно-п'ясний суглоб?
6. Наведіть приклади ланок тіла людини, як важелів I, II, III роду.
7. Наведіть умову рівноваги ланок тіла як важелів.
8. Поясніть, у чому суть "золотого правила" біомеханіки. Які причини програшу в силі м'язів людини і які біомеханічні основи необхідності розвитку сили м'язів?

### **Тестові завдання для самоконтролю знань**

- 1. При якому навантаженні великогомілкова кістка менше деформується під час бігу?**
  - а) стисканні;
  - б) розтягуванні;
  - в) вигин;
  - г) кручення.
- 2. Який компонент руху не характерний для стегнового суглоба?**
  - а) пронація-супінація;
  - б) згинання-розгинання;
  - в) відведення-приведення;
  - г) внутрішньо-зовнішнє обертання.
- 3. М'язи у незамкнутих кінематичних ланцюгах, діючи спільно ...?**
  - а) завжди викликають супутні руху;
  - б) не можуть викликати супутніх рухів;
  - в) можуть викликати супутні руху;
  - г) правильної відповіді немає.
- 4. Скільки ступенів свободи руху має абсолютно вільне тіло?**
  - а) 2;
  - б) 4;
  - в) 6;
  - г) 8.
- 5. Яку кількість ступенів свободи має колінний суглоб?**
  - а) одну;
  - б) дві;
  - в) три;
  - г) шість.
- 6. Яку кількість ступенів свободи має плечовий суглоб?**
  - а) одну;
  - б) дві;
  - в) три;
  - г) шість.



**7. Які суглоби мають три ступеня свободи?**

- а) плечовий;
- б) колінний;
- в) зап'ястно-п'ястний великого пальця кисті руки;
- г) усі наведені.

**8. Які суглоби мають два ступеня вільності?**

- а) плечовий;
- б) колінний;
- в) тазостегновий;
- г) усі наведені.

**9. Важелем якого роду є передпліччя у стані утримання вантажу?**

- а) I роду (коли сили прикладені по різні боки від точки опору);
- б) II роду (коли сили прикладені по один бік від точки опору, але плечі сил є рівними);
- в) III роду (коли сили прикладені по один бік від точки опору, але плечі сил є різними).

**10. Важелем якого роду є передпліччя в стані підйому вантажу над головою?**

- а) I роду (коли сили прикладені по різні боки від точки опору);
- б) II роду (коли сили прикладені по один бік від точки опору, але плечі сил є рівними);
- в) III роду (коли сили прикладені по один бік від точки опору, але плечі сил є різними).

**11. Чим пояснюється програш у силі м'язів за “золотим правилом біомеханіки”?**

- а) прикріплення м'язу поблизу суглобу;
- б) дію сили тяги вздовж кістки під дуже гострим кутом;
- в) вірними є відповіді а) і б);
- д) жодна з відповідей не є вірною.

**12. Що зумовлює анатомічна будова і прикріплення м'язів за “золотим правилом біомеханіки”?**

- а) програш у силі тяги м'язів;
- б) виграш у силі тяги м'язів;
- в) невизначеність сили тяги м'язів.

**12. Визначте взаємозалежність між наведеними видами навантажень, що можуть викликати різні деформації:**

1	Розтягнення	А	Вис на перекладині
2	Стискання	Б	“Хрест” на кільцях
3	Вигин	В	Тримання штанги над головою



## РОЗДІЛ 4 БІОМЕХАНІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ РУХОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ СПОРТСМЕНІВ

### ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 4.1

#### РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНА РОБОТА: ПОБУДОВА ТРАЄКТОРІЇ РУХУ ЗА КІНОГРАМОЮ

##### План практичного заняття

1. Побудова біокінематичної схеми фізичної вправи за кінограмою.
2. Побудова траєкторії руху за кінограмою.

##### Рекомендована література

1. Біомеханіка спорту / За загальною редакцією А.М. Лапутіна. – К.: Олімпійська література, 2001. – 318 с.
2. Лапутин А.Н., Хапко В.Е. Биомеханика физических упражнений. – К.: Рад. шк., 1986. – 135 с.
3. Практикум по биомеханике: Пособие для ИФК /Под редакцией И.М.Козлова. - М.: ФиС, 1980. – 120 с.
4. Практическая биомеханика / А.Н.Лапутин, В.В.Гамалий, А.А.Архипов и др.; А.Н.Лапутин (общ. ред.). – К.: Науковий світ, 2002. – 298 с.

##### Методичні рекомендації до практичного заняття

**Траєкторія** – це уявна лінія в просторі, по якій рухається конкретна точка (математики характеризують траєкторію, як геометричне місце послідовних положень точки, що рухається). Вимірюють довжину і кривизну траєкторії та визначають її орієнтацію в просторі.

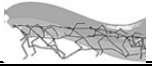
У біомеханічному аналізі рухових дій найчастіше оцінюється рух не тільки окремих точок, але й усієї системи точок тіла. Найпростішим рухом усього тіла як абсолютно твердого тіла є **поступальний рух** (усі точки тіла при цьому мають однакові траєкторії). Більш складним є **обертальний рух**, при якому усі точки тіла описують кола різного радіуса, але мають одну загальну вісь обертання. Такий рух може бути рівномірним і перемінним.

Рухома точка займає ряд безперервно змінюваних проміжних положень; її рух утворює безперервну лінію – **траєкторію**. Під час руху точки її координати змінюються. Вони стають більше або менше, можуть змінювати знак на зворотний.

**Зміна координат точки визначає напрямок і величину переміщення.**

**При постійному напрямку руху** траєкторія за формою являє пряму лінію (прямолінійний рух); **при змінному напрямку** – криву (криволінійний рух).

Довжина траєкторії (відстань уздовж неї) характеризує **шлях точки**. При прямолінійному русі для певної ділянки траєкторії (прямої лінії) вимірюють його довжину. При криволінійному русі вектор переміщення –



хорда відрізка криволінійної траєкторії – не збігається з траєкторією. При криволінійному *русі шлях точки дорівнює арифметичній сумі модулів її елементарних переміщень; переміщення ж точки дорівнює геометричній сумі її елементарних переміщень.*

*Форму криволінійного руху характеризує кривизна траєкторії ( $k$ ) – це величина, зворотна радіусу кривизни траєкторії ( $R$ ), тобто радіусу такої елементарної дуги кола, яка може допустимо замінювати відповідний елементарний ділянку траєкторії:*

$$k=1/R$$

Отже, чим більше радіус такої дуги, тим менше кривизна траєкторії.

Для траєкторії будь-якої форми визначають також її *орієнтацію в просторі*: для прямої траєкторії – по координатам точок початкового та кінцевого положень, для кривої – по координатам цих двох точок траєкторії і третьої точки, що не лежить з ними на одній прямій.

*При поступальному русі тіла у всіх його точок траєкторії однакові.* По траєкторії однієї точки (наприклад, ЗЦТ) можна вивчити рух тіла. *При обертальному русі тіла у кожній його точки свій слід в просторі, хоча у точок з однаковим радіусом траєкторії за формою однакові.* Тут рух всього тіла (тільки коли він просто обертальний) також можна вивчити, визначивши по траєкторії однієї точки кут повороту тіла.

*Під час же руху біомеханічної системи треба визначити траєкторії точок її ланок, а також траєкторію її ЗЦТ.* Траєкторії точок кожної ланки щодо осі суглоба можна наближено вважати дугою кола. Однак, щодо осей сусідніх суглобів або системи прямокутних координат, пов'язаної, наприклад, з Землею, траєкторії точок мають складні і різноманітні форми. Лише іноді рухи точок плоскі. Майже завжди просторові (тривимірні) траєкторії криві. Вони, як правило, виключно складні для складання рівнянь, що описують закон руху. Таким чином, *всі просторові характеристики* – координати, переміщення і траєкторії – в сукупності визначають початок і закінчення руху та його форму в просторі.

*Побудова траєкторії руху точки* у рухомій системі відліку пов'язана з переміщення цієї системи разом з тілом відліку. Для отримання траєкторії рухомої точки необхідно знати послідовні її положення у вибраній системі відліку, тобто координати  $x$ ,  $y$ ,  $z$ . На біокінематичній схемі достатньо з'єднати лінією точки одного і того ж суглоба по кадрах, щоб отримати у масштабі схеми траєкторії руху цієї точки у нерухомій системі відліку або побудувати окремий графік.

### *Хід роботи:*

#### **Побудова біокінематичної схеми фізичної вправи за кінограмою**

1. Переглянути кінограму для вибору орієнтирів та визначення кадрів для аналізу.



2. Через орієнтир на усіх кадрах кінограми провести зовнішню систему прямокутних плоских координат. Через вершину остистого відростка п'ятого хребця спортсмена на кожному кадрі кінограми нанести плоску соматичну систему координат.
3. Скласти таблицю для координат точок біоланок тіла, що вивчаються, у зовнішній і соматичній системах. Виміряти соматичні та зовнішні координати для кожної точки, що вивчається, на кожному кадрі кінограми. Дані занести до відповідних граф таблиці 18.

Таблиця 18

**Розрахункова таблиця для побудови біокінематичної схеми фізичної вправи за кінограмою**

№ кад- ру	Центр тя- жіння голо- ви <i>S<sub>г</sub></i>		Плечовий суглоб <i>h</i>		Ліктьовий суглоб <i>c</i>		Суглоб кисті <i>t</i>		Кульшовий суглоб <i>cox</i>		Колінний суглоб <i>q</i>		Суглоб стопи <i>p</i>		Центр соматич- ної систе- ми коор- динат <i>S<sub>н</sub></i>				
			п	л	п	л	п	л	п	л	п	л	п	л					
	х	у	х	у	х	у	х	у	х	у	х	у	х	у	х	у	х	у	

4. Накреслити у вибраному масштабі зовнішню систему координат. Нанести зовнішні координати точок тіла спортсмена. З'єднати точки у відповідній послідовності та отримати біокінематичну схему фізичної вправи.

**Побудова траєкторії точки відносно зовнішньої системи координат**

1. Побудувати біокінематичну схему руху або рухової дії, що вивчається, відносно зовнішньої системи координат та відмітити точки, траєкторія яких має бути побудована.
2. На папері у необхідному масштабі побудувати зовнішню систему координат.
3. Послідовно нанести на зовнішню координатну систему точки, що вивчаються, використовуючи для цього їхні координати з таблиці.
4. З'єднати прямою лінією послідовно усі положення кожної точки. Нумерація точки має відповідати номеру кадру на біокінематичній схемі. Отримана лінія є траєкторією даної точки у зовнішній системі координат (як зображено на рисунку 49).

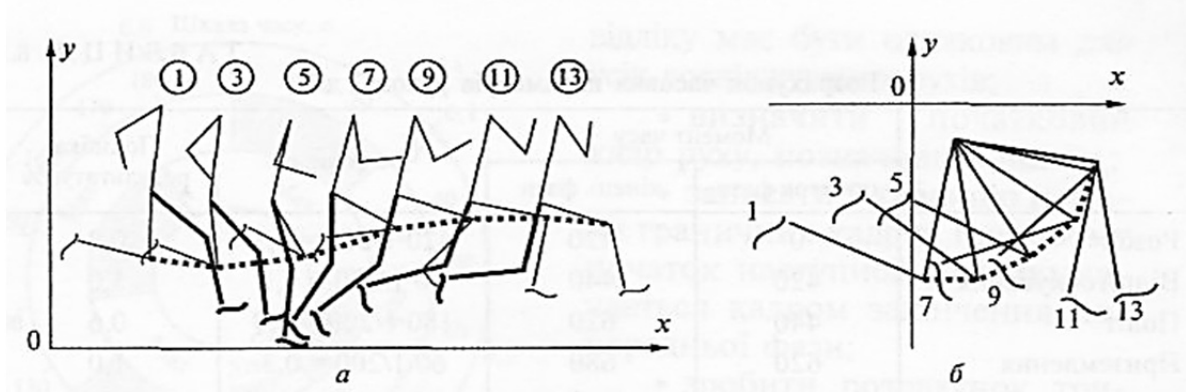
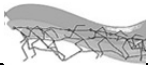


Рисунок 49. Траєкторія колінного суглоба махової ноги спринтера:  
а – зовнішня, б – внутрішня системи відліку

### Контрольні питання

1. З якою метою будується біокінематична схема фізичної вправи?
2. Які основні вимоги методики побудови біокінематичної схеми за кінограмою?
3. Що таке координата, траєкторія, переміщення, шлях?
4. Чи співпадають траєкторія, переміщення і шлях під час руху тіла спортсмена та спортивних приладів? Наведіть приклади з видів спорту.
5. Які існують види руху точки та системи точок?

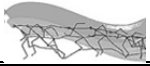
### Тестові завдання для самоконтролю знань

1. Що з перерахованого нижче НЕ описує кінематику руху?
  - а) імпульс сили;
  - б) траєкторія;
  - в) шлях;
  - г) час.
2. Яке з числа перерахованих тверджень найбільш повно характеризує поняття “Кінематичні характеристики”?
  - а) показники, що дозволяють оцінити рухи з якісної сторони;
  - б) показники, які використовуються для кількісного опису та аналізу рухової діяльності;
  - в) показники, які дозволяють оцінити сили і охарактеризувати рух тіл під дією прикладених до них сил;
  - г) показники, що характеризують стан і рухи тіла людини в просторі і в часі.
3. Які характеристики відносять до просторових?
  - а) вихідне положення тіла;
  - б) швидкість і прискорення;
  - в) положення тіла, траєкторію руху і переміщення;
  - г) момент часу, тривалість руху, темп, ритм.



4. Як називають спосіб завдання координат, при якому положення точки відраховують від початку відліку, обраного на заздалегідь відомій траєкторії?
- а) векторним;
  - б) природним;
  - в) координатним;
  - г) кутовим.
5. Як називають спосіб завдання координат, при якому положення точки відносно початку відліку знаходять по її проекції на три взаємно перпендикулярні осі  $Ox$ ,  $Oy$ ,  $Oz$ ?
- а) векторним;
  - б) природним;
  - в) координатним;
  - г) кутовим.
6. Що називають траєкторією точки?
- а) вектор, що показує в якому напрямку і на яку відстань змістилася точка;
  - б) відстань від початкового положення точки до кінцевого;
  - в) безперервна лінія, уявний слід, по якому рухалася точка;
  - г) кут повороту тіла або його окремого сегменту.
7. В яких одиницях вимірюється лінійне переміщення?
- а) метрах, кілометрах, сантиметрах;
  - б) градусах, радіанах, оборотах;
  - в) м/с, км/год;
  - г) град/с, рад/с, об/с.
8. Що відображає часовий ритм?
- а) частоту рухів в одиницю часу;
  - б) співвідношення частин руху в часі;
  - в) наростання і зменшення зусиль у часі;
  - г) співвідношення тривалості фаз напруги і розслаблення.
9. Визначте взаємозалежність між наведеними визначеннями та видами руху точки:
- |                                  |   |
|----------------------------------|---|
| 1 Рівномірний, прямолінійний рух | А Рух, при якому зростає швидкість  |
| 2 Перемінний, нерівномірний рух  | Б Рух, при якому матеріальна точка переміщується по прямій і за рівні проміжки часу проходить однакові відрізки шляху |
| 3 Прискорений рух                | В Нерівномірний рух з постійним прискоренням  |
| 4 Рівномірно-змінний рух         | Г Рух, при якому матеріальна точка за рівні відрізки проходить нерівні ділянки шляху                                  |





## ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 4.2

**РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНА РОБОТА:  
ВИЗНАЧЕННЯ ЛІНІЙНИХ ТА КУТОВИХ ПЕРЕМІЩЕНЬ ТОЧОК  
ТІЛА ЛЮДИНИ**

**План практичного заняття**

1. Визначення лінійних переміщень точок тіла.
2. Визначення кутових переміщень точок тіла.

**Рекомендована література**

1. Біомеханіка спорту / За загальною редакцією А.М. Лапутіна. – К.: Олімпійська література, 2001. – 318 с.
2. Лапутин А.Н., Хапко В.Е. Биомеханика физических упражнений. – К.: Рад. шк., 1986. – 135 с.
3. Практикум по биомеханике: Пособие для ИФК /Под редакцией И.М.Козлова. - М.: ФиС, 1980. – 120 с.
4. Практическая биомеханика / А.Н.Лапутин, В.В.Гамалий, А.А.Архипов и др.; А.Н.Лапутин (общ. ред.). – К.: Науковий світ, 2002. – 298 с.

**Методичні рекомендації до практичного заняття**

*Дуже рідко траєкторії руху точок є прямими лініями:* частіше під впливом відхиляючих сил (тяжіння, інерції, реакції опори, дії інших тіл), або утримуючих тіл при обертових рухах, траєкторії руху точок мають **змінну кривизну** – величину, обернену до радіуса кола, дугою якого на даній ділянці є траєкторія. Таким чином:

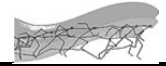
- переміщення тіла (лінійне) **в поступальному русі** і визначається за лінійним переміщенням любого його руху;
- переміщенням тіла (кутове) **у обертальному русі** – визначають за різницею кутових координат по куту повороту.

**Хід роботи:****Визначення лінійних переміщень точок тіла за біокінематичної схемою**

1. Побудувати біокінематичну схему руху або рухової дії відносно нерухомої зовнішньої системи відліку.
2. Скласти розрахункову таблицю 19.

**Таблиця 19****Розрахунок лінійних переміщень тіла людини**

№ кадру	$X$ , мм	$X$ , м	$S_{гор}$ , м	$Y$ , мм	$Y$ , м	$S_{верт}$ , м



3. Обчислити горизонтальну та вертикальну складові переміщення досліджуваної точки між двома сусідніми кадрами за формулами:

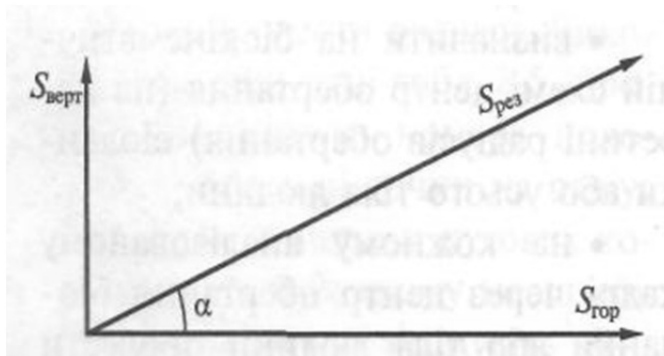
$$S_{гор} = X_{n+1} - X_n$$

$$S_{верт} = Y_{n+1} - Y_n$$

4. Визначити результуюче переміщення досліджуваної точки визначають за формулою:

$$S_{рез} = \sqrt{S_{гор}^2 + S_{верт}^2}$$

Якщо необхідно визначити не тільки модуль, але й напрямок вектора переміщення у просторі, то використовують графічний метод:



$$\text{tg}(\alpha) = \frac{S_{верт}}{S_{гор}}$$

Щоб знайти дійсне переміщення точки, необхідно переміщення, виміряне на біокінематичній схемі у міліметрах, поділити на величину масштабу схеми (наприклад, М 1:30) або помножити на величину, обернену масштабу ( $k = 30$ ); тоді дійсне переміщення, виражене у метрах, буде

$$S(m) = \frac{s(mm)k}{1000}$$

5. Побудувати графік руху точки, який відображає залежність координати від часу  $X=X(t)$ ,  $Y=Y(t)$  і закон руху точки при координатному способі завдання по кожній з осей вибраної системи відліку.

**Визначення кутових переміщень точок тіла за біокінематичною схемою**

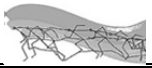
1. Переглянути біокінематичну схему для визначення об'єкта дослідження та підготувати розрахункову таблицю 20.

**Таблиця 20**

**Розрахунок кутових переміщень тіла людини**

№ точки	Момент часу	φ, град	Δφ, радіан

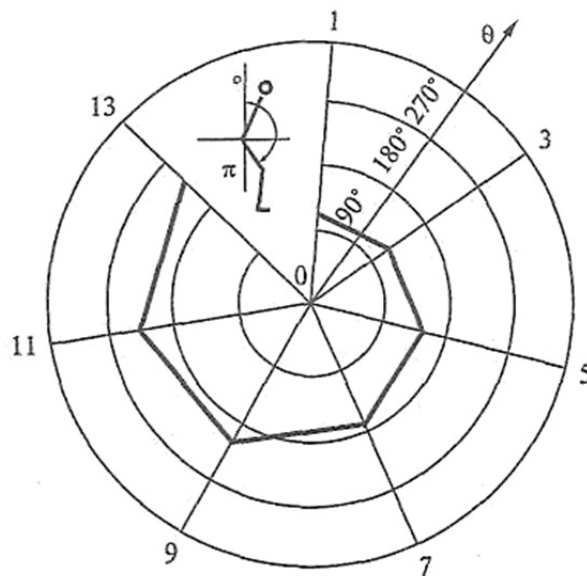
2. Визначити початок та напрямок відліку (за ходом або проти ходу годинникової стрілки залежно від напрямку руху).



3. Транспортиром виміряти кути відхилення шуканої біоланки від координатної осі, прийнятої за початок відліку.
4. Кутове переміщення біоланки або усього тіла людини визначити відніманням за формулою:

$$\Delta\varphi^\circ = \varphi^\circ_{n+1} - \varphi^\circ_n$$

5. Побудувати графік руху біоланок або усього тіла (залежність кутової координати від часу).
6. Через центр обертання накреслити систему полярних координат на площині. Для визначення полярних координат будь-якої точки ланки, що вивчається, або тіла людини установлюють довільну числову вісь з початком у центрі координат (полюс). Положення шуканої точки визначають два числа: а) полярний радіус (дорівнює відстані від цієї точки до полюса); б) полярний кут (кут повороту біоланки від полярної осі). Щоб використати систему полярних координат у даній роботі, слід накреслити коло потрібного діаметра та поділити точками на рівні частини за кількістю положень біоланки, що вивчається, на біокінематичній схемі, через точки до центра провести радіуси. Використовуючи дані таблиці, проти відповідного номера положення шуканої точки на радіус наносять величини кутових координат у вибраному масштабі. Отримані точки з'єднують лінією, у результаті чого виходить полярна діаграма (рис. 50).



**Рисунок 50. Полярна діаграма кута вертикаль – стегно опорної ноги спринтера**

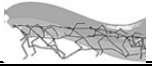


### Контрольні питання

1. Який рух називається поступальним, прямолінійним? В чому його особливості?
2. Як визначити лінійні і кутові переміщення точок тіла?
3. Що таке середня швидкість, миттєва швидкість?
4. Як визначити лінійне прискорення точок біоланок?
5. Як визначити горизонтальну та вертикальні складові швидкості та прискорення?
6. Який рух називається обертальним? В чому його особливості?
7. Що таке кутова швидкість? В яких одиницях вона вимірюється?
8. Яка залежність між лінійною та кутовою швидкістю тіла, що виконує обертальний рух?
9. Що таке кутове прискорення? Як визначити доцентрове та тангенціальне прискорення?

### Питання для самоконтролю з альтернативною відповіддю (за Лапутіним А.М.)

1. Рухоме тіло розглядають як матеріальну точку?  
*Правильно*      *Неправильно*
2. Масштаб визначає відношення лінійних розмірів на схемі до дійсних?  
*Правильно*      *Неправильно*
3. Координати точки – це просторова міра місцеположення точки відносно системи відліку?  
*Правильно*      *Неправильно*
4. Положення точки на лінії визначає одна координата, на площині – дві, у просторі – три координати?  
*Правильно*      *Неправильно*
5. Момент часу (t) визначають проміжком часу до нього від початку відліку?  
*Правильно*      *Неправильно*
6. Символ “ $\Delta$ ” (дельта) означає зміну будь-якої величини?  
*Правильно*      *Неправильно*
7. Темп руху – величина прямо пропорційна тривалості руху?  
*Правильно*      *Неправильно*
8. Ритм визначається за співвідношенням тривалості частин рухової дії?  
*Правильно*      *Неправильно*
9. Ритм можна визначити тільки у вправах з циклічною структурою рухів (ходьба, біг, плавання)?  
*Правильно*      *Неправильно*
10. Переміщення показує, яким є шлях точки?  
*Правильно*      *Неправильно*
11. Траєкторія – геометричне місце положень рухомої точки в системі відліку, що розглядається?  
*Правильно*      *Неправильно*



12. Кутове переміщення тіла знаходиться за різницею кутових координат умовної лінії відліку?  
*Правильно*                      *Неправильно*
13. Елементарне кутове переміщення ( $\Delta\phi$ ) – це переміщення тіла з даного кутового положення у положення, що є нескінченно близьким до нього?  
*Правильно*                      *Неправильно*
14. Якщо швидкість дорівнює нулю, то це означає, що об'єкт у даний час є нерухомим?  
*Правильно*                      *Неправильно*
15. Швидкість визначається як швидкість зміни положення?  
*Правильно*                      *Неправильно*
16. Напрямок прискорення та швидкості завжди співпадають?  
*Правильно*                      *Неправильно*
17. Прискорення завжди дорівнює нулю, коли швидкість дорівнює нулю?  
*Правильно*                      *Неправильно*
18. Скалярна величина характеризується як величиною, так і напрямком?  
*Правильно*                      *Неправильно*
19. Кутова швидкість є векторної величиною?  
*Правильно*                      *Неправильно*
20. Напрямок руху точки при обертальному русі безперервно змінюється?  
*Правильно*                      *Неправильно*
21. Початкова вертикальна швидкість спортивного снаряду під час випуску означає, як високо зможе піднятися в польоті снаряд?  
*Правильно*                      *Неправильно*
22. Вертикальна швидкість снаряда дорівнює нулю на вершині його траєкторії?  
*Правильно*                      *Неправильно*
23. Траєкторія польоту спортивного снаряду у повітрі є прямою лінією?  
*Правильно*                      *Неправильно*
24. Коли швидкість максимальна, то прискорення у цей момент також є максимальним?  
*Правильно*                      *Неправильно*
25. Коли прискорення дорівнює нулю, то швидкість не змінюється?  
*Правильно*                      *Неправильно*
26. При збільшенні швидкості (у бігових видах) час опори скорочується?  
*Правильно*                      *Неправильно*
27. Якщо темп кроків залишається постійним, то швидкість зростає по мірі подовження кроків?  
*Правильно*                      *Неправильно*



## ПРАКТИЧНА РОБОТА 4.3

### РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНА РОБОТА: ВИЗНАЧЕННЯ ГЕОМЕТРІЇ МАС ТІЛА ЛЮДИНИ. ВИЗНАЧЕННЯ ПОЛОЖЕННЯ ЗАГАЛЬНОГО ЦЕНТРУ ТЯЖІННЯ ТІЛА ЛЮДИНИ ГРАФІЧНИМ МЕТОДОМ (СКЛАДАННЯ СИЛ ТЯЖІННЯ) ТА АНАЛІТИЧНИМ МЕТОДОМ (СКЛАДАННЯ МОМЕНТІВ СИЛ ТЯЖІННЯ ЗА ТЕОРЕМОЮ ВАРІНЬЙОНА)

**Мета роботи:** навчити студентів визначати маси ланок тіла за методом В.Н. Селуянова та положення ЗЦТ тіла спортсмена графічним та аналітичними методами.

#### *Рекомендована література*

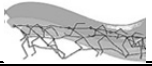
1. Біомеханіка спорту / За загальною редакцією А.М. Лапутіна. – К.: Олімпійська література, 2001. – 318 с.
2. Заціорский В.М., Аруин А.С., Селуянов В.П. Биомеханика двигательного аппарата человека. – М.: ФиС, 1981. – 143 с.
3. Лапутин А.Н., Хапко В.Е. Биомеханика физических упражнений. – К.: Рад. шк., 1986. – 135 с.
4. Практикум по биомеханике: пособие для ИФК /Под редакцией И.М.Козлова. - М.: ФиС, 1980. – 120 с.
5. Практическая биомеханика / А.Н.Лапутин, В.В.Гамалий, А.А.Архипов и др.; А.Н.Лапутин (общ. ред.). – К.: Науковий світ, 2002. – 298 с.

#### *Методичні рекомендації до практичного заняття (частина 1)*

**Геометрією мас тіла** називається розподіл мас між ланками тіла й усередині ланок. Геометрія мас кількісно описується мас-інерційними характеристиками. Мас-інерційні характеристики (маса, радіус інерції, момент інерції, координати центру мас) описують розподіл мас між ланками тіла і всередині самих ланок. У цілому ці характеристики мають назву **геометрія мас тіла** людини.

До показників, що характеризують **геометрію мас тіла**, відносять **абсолютні і відносні маси** окремих його біоланок, **їх моменти та радіуси інерції**.

**Абсолютні маси** окремих біоланок тіла спортсмена, як і їх **моменти інерції** необхідно знати при біомеханічних розрахунках ефективності техніки виконання рухових дій конкретної людини. Від величини згаданих біомеханічних характеристик залежать підбір оптимального співвідношення темпу циклічних вправ та величини кроку, енерговитрати на переміщення біоланок тіла, сили інерції, що виникають при зміні руху біоланок і всього тіла, виконана спортсменом механічна робота, коефіцієнт її механічної ефективності тощо.



Масу ланки визначають зазвичай за її відносною вагою (у відсотках до ваги усього тіла людини). У людей різної статі, віку і будови тіла ці співвідношення, зрозуміло, є різними. Однак у дорослих чоловіків і жінок відносні ваги є достатньо близькими.

Найважливіші з них - маса, радіус інерції, момент інерції й координати центра мас. **Маса ( $m$ )** – це кількість речовини (у кілограмах), що втримується в тілі або окремій ланці.

Враховуючи невисоку точність усіх визначень, які призводять до знаходження центру ваги, зазвичай при приблизних розрахунках різницею індивідуальних співвідношень мас ланок зневажають. Знаючи вагу всього тіла і відносну вагу ланки у %, можна визначити і масу ланки.

**Центром мас** називається точка, де перетинаються лінії дії всіх сил, що приводять тіло до поступального руху й не зухвалих обертань тіла. У полі гравітації (коли діє сила ваги) центр мас збігається із центром ваги.

При орієнтованих розрахунках прийнято вважати, що маса голови дорівнює 7 % від загальної маси тіла, тулуба – 43 %, плеча – 3 %, передпліччя – 2 %, кисті – 1 %, стегна – 12 %, гомілки – 5 %, стопи – 2 %.

**Визначення маси ланки за методом В. М. Селуянова.** Встановлено, що маси тіла можна визначати за допомогою наступного рівняння:

$$m_x = B_0 + B_1 m + B_2 H,$$

де  $m_x$  – маса одного з сегментів тіла (кг), наприклад, стопи, гомілки, стегна тощо;  $m$  – маса всього тіла (кг);  $H$  – довжина тіла (см);  $B_0, B_1, B_2$  – коефіцієнти рівняння регресії, наведені у таблиці 21.

Таблиця 21

## Коефіцієнти рівняння регресії для визначення геометрії мас

Сегменти	Коефіцієнти рівняння		
	$B_0$	$B_1$	$B_2$
Стопа	-0,83	0,008	0,007
Гомілка	-1,59	0,036	0,012
Стегно	-2,65	0,146	0,014
<b>Кисть</b>	<b>-0,12</b>	<b>0,004</b>	<b>0,002</b>
Передпліччя	0,32	0,014	-0,001
Плече	0,25	0,030	-0,003
Голова	1,30	0,017	0,014
Верхня частина тулуба	8,21	0,186	-0,058
Середня частина тулуба	7,18	0,223	-0,066
Нижня частина тулуба	-7,50	0,098	0,049

*Приклад:* для того, щоб обчислити, наприклад, масу кисті людини, у якій маса тіла дорівнює 60 кг, а довжина тіла 170 см необхідно користуватися таблицею.

$$\text{Маса кисті} = -0,12 + 0,004 \times 60 + 0,002 \times 170 = 0,46 \text{ кг.}$$



Знаючи, які маси й моменти інерції ланок тіла й де розташовано їхні центри мас, можна вирішити багато важливих практичних завдань. У тому числі:

- визначити кількість руху, рівна добутку маси тіла на його лінійну швидкість;
- визначити кінетичний момент, дорівнює добутку моменту інерції тіла на кутову швидкість; при цьому потрібно враховувати, що величини моменту інерції щодо різних осей неоднакові;
- оцінити, легко або важко управляти швидкістю тіла або окремої ланки;
- визначити ступінь стійкості тіла тощо.

**Визначення центру об'єму тіла.** Центр об'єму (ЦО) тіла людини – це точка прикладення виштовхуючої сили при повному зануренні тіла під воду. Він співпадає з центром ваги води, яка була виштовхнена у формі зануреного тіла. Через те, що щільність тіла людини неоднакова, ЦО розташований зазвичай на декілька сантиметрів ближче до голови (при випрямленому положенні тіла), ніж ЗЦТ тіла. Завдяки цьому, занурене під воду тіло людини у випрямленому положенні буде повертатися навколо поперечної осі ногами донизу.

**Визначення центру поверхні тіла людини.** Центр поверхні (ЦП) тіла людини – це точка прикладення рівнодіючої напору середовища при заданій позі тіла і його орієнтації відносно потоку (води чи повітря). Сила дії середовища, яка розташовується по той чи інший бік від ЗЦТ людини, зумовлює відповідне повертання тіла.

**Визначення моменту інерції ланки** тіла дає уявлення про величину маси ланки і її розташування відносно заданої осі. Цей момент служить мірою інертності тіла. Приблизно моменти інерції довгих ланок кінцівок дорівнюють  $0,3ml^2$  ( $m$  – маса ланки,  $l$  – довжина ланки). **Радіуси інерції** є істотно більшими за радіуси ЦТ, тому в розрахунках не можна вважати їх однаковими. **Момент інерції тіла людини** відносно заданої осі визначається як сума моментів інерції усіх ланок тіла відносно тієї ж осі. **Мінімальний момент інерції** – момент інерції відносно поздовжньої осі тіла, що проходить через його ЗЦТ. Направлена зміна моменту інерції широко використовується при управлінні обертальними рухами тіла.

### **Хід роботи:**

1. Визначити масу окремих сегментів власного тіла з використанням показників маси та довжини тіла за методом Селуянова В.Н. Визначити правильність зроблених розрахунків.
2. Визначити положення ЦТ ланок тіла. Для цього:
  - на схемі пози людини, користуючись анатомічними даними, відмітити положення проєкцій осей суглобів;
  - вимірити довжину кожної ланки;





- за даними довжини ланки та даних про відносне розташування ЦТ ланки визначити положення ЦТ кожної ланки тіла людини за схемою, проміжні дані розрахунків занести у таблицю;
- визначити масу кожної ланки методом відносних мас і за методом В. М. Селуянова (див. вище), результати занести в таблицю;
- користуючись цими і анатомічними даними, рисунком 51 нанести на схему ЦТ усіх ланок.

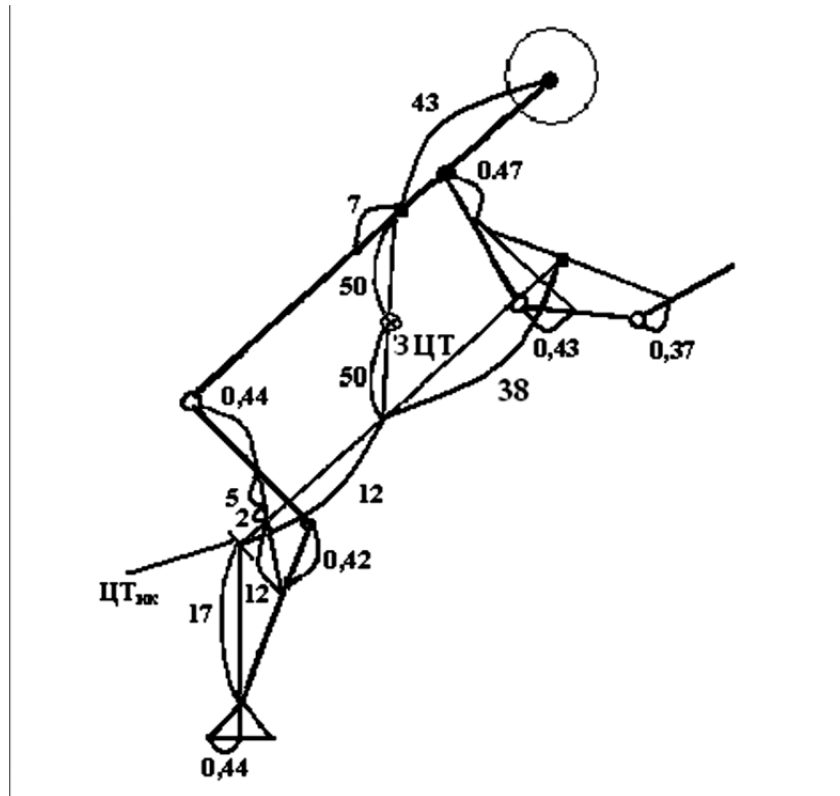


Рисунок 51. Визначення ЗЦТ усього тіла

3. Знайти рівнодіючу усіх сил тяжіння. Зручно знайти спочатку ЦТ сил тяжіння плеча і передпліччя (вектори сил тяжіння малювати не потрібно, потрібно знати відносні ваги ланок. Далі, додавши вагу кисті, знайти ЗЦТ всієї руки. Таким же чином послідовно додати ваги ланок ноги. Якщо положення є симетричним, то ЦТ обох рук розташовані однаково, так як і обох ніг.

*Примітка:* не забути подвоїти вагу кінцівок при додаванні їх до ваги тулуба і голови.

4. Визначаючи положення ЦТ тулуба (якщо воно є розігнутим, чи зігнутим) правильно його положення наносити не на зігнутій подовжній осі, а на прямій лінії, яка з'єднує плечовий і тазостегновий суглоби.
5. Визначивши положення ЗЦТ голови і тулуба (50 % ваги тіла), а також усіх кінцівок (друга половина ваги), названі дві точки з'єднують відрізком, який поділяють навпіл. У цій точці і розташовано ЗЦТ тіла (див. рис. 51).



**Формою звітності** є графічне представлення (як зображено на рисунку 51) центрів тяжіння ланок тіла та загального центра тяжіння усього тіла, представлення проміжних розрахунків.

**Контрольні питання (до теми “Геометрія мас тіла людини та визначення положення загального центру тяжіння тіла людини графічним методом”)**

1. Якими показниками характеризується геометрія мас?
2. Які показники геометрії мас необхідно знати, щоб вирахувати найбільш економічний темп ходьби?
3. Як визначити масу ланки за методом В. Селуянова?
4. Поясніть, як знайти положення ЗЦТ людини за методом Селуянова? Що таке центр тяжіння ланки? Як його знайти?
5. Що таке загальний центр тяжіння тіла (ЗЦТ) людини? Від чого залежить розташування ЗЦТ при здійсненні людиною різних рухів?
6. Для чого оцінюють ЗЦТ при тренуванні спортсменів, при фізичній реабілітації людини після травм опорно-рухового апарату?

**Методичні рекомендації до практичного заняття (частина 2)**

**Руховий апарат людини** – це саморухомий механізм, який складається з 600 м’язів, 200 кісток, декількох сотень сухожиль. Ці цифри є приблизними, через те, що деякі кістки (наприклад, кістки хребта, грудної клітини) зрослися одна з одною, а багато м’язів мають декілька голівок (наприклад, двоглавий м’яз плеча, чотирьохголовий м’яз стегна) або поділяються на багато пучків (дельтоподібний, великий грудний, прямий м’яз живота тощо). Вважається, що рухова діяльність людини є порівняною за складністю з мозком людини і є найбільш досконалим творінням природи.

Руховий апарат людини складається з ланок. **Ланкою** називається частина тіла, яка розташована між двома сусідніми суглобами або між суглобом і дистальним кінцем. Наприклад, ланками тіла є: кисть, передпліччя, плече, голова тощо.

Важливим поняттям при розгляді рухової діяльності людини є **центр тяжіння ланки (ЦТ) тіла та загальний центр тяжіння (ЗЦТ)**. Центр тяжіння має велике значення при оцінці виду рівноваги тіла. Залежно від розташування точки опори або опорної поверхні у відношенні до центру тяжіння розрізняють стійку, нестійку і байдужу рівновагу.

**Центр тяжіння тіла** – це уявна точка, до якої прикладена рівнодіюча сил тяжіння усіх частин ланки. Положення загального центра тяжіння визначається тим, де знаходяться центри мас окремих ланок. А це залежить від пози, тобто від того, як частини тіла розташовані одна відносно одної в просторі.

Графічний метод визначення ЗЦТ не завжди дає точні дані щодо розташування ЗЦТ, тому поряд з ним використовують також аналітичний метод знаходження ЗЦТ через додавання моментів сил тяжіння ланок тіла. Експериментальним шляхом (О. Фішер, М. Бернштейн) визначено середні дані про вагу ланок тіла і про положення їх центрів тяжіння.



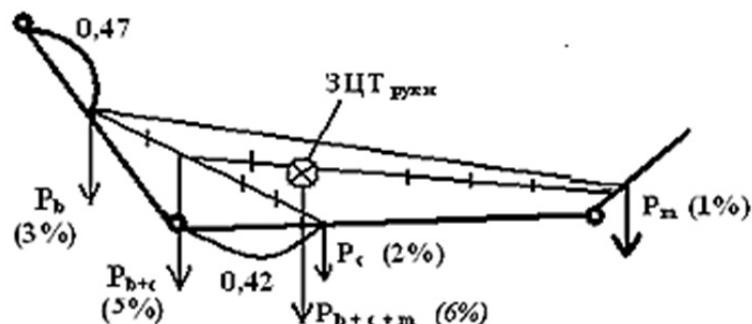
**Визначення маси ланки методом відносних мас.** Для практичного застосування використовують округлені величини ваги ланок (табл. 22).

**Таблиця 22**

**Відносні ваги ланок тіла і розташування їх центрів тяжіння**

Назва ланки	Відносна вага	Розташування ЦТ ланки (у відносних одиницях відстані від проксимального суглобу)
Голова	0,07	Над верхнім краєм слухового проходу
Тулуб	0,43	На відстані 0,51 від плечової кістки
Плече	0,03	На відстані 0,45 від плечового суглобу
Передпліччя	0,02	На відстані 0,43 від ліктьового суглобу
Кисть	0,01	На відстані 0,37 від зап'ястного суглобу
Стегно	0,12	На відстані 0,45 від стегнового суглобу
Гомілка	0,05	На відстані 0,41 від колінного суглобу
Стопа	0,02	На відстані 0,44 від п'яти

Для визначення рівнодіючої двох паралельних сил з'єднують прямою лінією точки їх прикладення. При додаванні сил тяжіння двох ланок ця лінія з'єднує їх ЦТ. На цій лінії розташовано ЦТ двох ланок. Наприклад, загальний центр тяжіння плеча і передпліччя розташовано на лінії, яка їх з'єднує (рис. 52).



**Рисунок 52. Визначення ЦТ ланки (верхньої кінцівки)**

$P_b$ ,  $P_c$ ,  $P_m$  – вага плеча, передпліччя, кисті відповідно (виражено у відсотках до загальної ваги тіла), прикладена в місцях розташування ЦТ кожної ланки.

Числа (0,47; 0,42; 0,37) вказують на місце розташування ЦТ відповідної ланки від проксимального суглобу згідно з таблицею.

$P_{b+c}$ ,  $P_{b+c+m}$  – сумарна вага двох та трьох ланок, прикладена в місцях розташування ЦТ двох та трьох ланок (місце розташування цих ЦТ знаходиться розрахунковим методом).

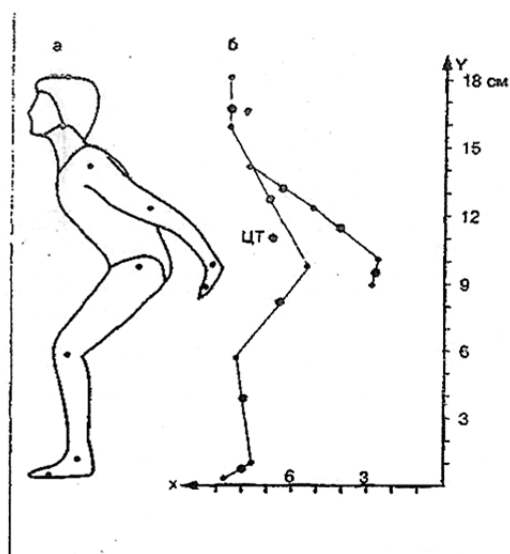
Через те, що вага плеча складає близько 3 %, а передпліччя – 2 % ваги тіла, то цю лінію потрібно поділити на  $2+3=5$  частин. ЦТ двох ланок розташований ближче до більш важкої ланки (співвідношення відрізків лінії 2:3, рахуючи від плеча). Таким же чином потрібно додати усі сили тяжіння інших ланок.



Положення ЗЦТ і ЦТ ланок потрібно визначити при аналізі умов рівноваги в статичному положенні. Зміною траєкторії руху центру тяжіння визначити дію зовнішніх сил, які прикладені в цілому, або зовнішніх сил відносно відповідної ланки.

**Хід роботи:**

1. Виділити відповідні сегменти тіла спортсмена за фотокарткою. Для здійснення сегментного аналізу варто користуватися 15-ланковою моделлю тіла людини, з урахуванням того, що кількість сегментів визначається числом суглобів, що здійснюють кутове переміщення під час виконання руху. Наприклад:

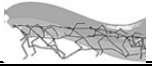


2. Відмітити на системі координат відповідні сегменти та з'єднати їх прямими лініями. Виміряти довжину відповідних сегментів та результати занести до розрахункової таблиці у міліметрах (стовпчик 4) [1, С. 184].
3. Користуючись даними таблиці 23, за пропорцією визначити розташування ЦТ кожного сегменту залежно від його довжини. Отримані значення розташування ЦТ окремих сегментів у міліметрах занести до розрахункової таблиці (стовпчик 6) та позначити на системі координат.

**Таблиця 23**

**Відносні значення розташування ЦТ сегментів тіла**

Сегмент	Положення ЦТ, у %	Розташування проксимального кінця сегменту
Голова	66,3	Верхня частина голови
Тулуб	52,2	Верхня частина ший
Плече	50,7	Верхня ділянка грудної клітки збоку від ший
Передпліччя	41,7	Лікоть
Кисть	51,5	Зап'ясток
Стегно	39,8	Верхня частина стегна
Гомілка	41,3	Коліно
Ступня	40,0	Литка



4. Визначити абсолютну вагу кожної ланки тіла в залежності від ваги тіла у ньютонках з використання даних відносної ваги ланки (стовпчик 2) [1, С. 184] та отримані результати у ньютонках занести до таблиці у стовпчик 3.
5. Визначити координати (x, y) ЦТ кожної ланки тіла. Отримані результати занести до розрахункової таблиці (стовпники 7, 8 для сагітальної площини розташування тіла спортсмена; стовпчики 9, 10 – для фронтальної).
6. Знаючи абсолютну вагу кожного сегмента та координати розташування їх ЦТ, розрахувати моменти сил тяжіння за наступними формулами:  $P_i x_i$ ;  $P_i y_i$ .  
Отримані результати занести до розрахункової таблиці (стовпники 11, 12 для сагітальної площини розташування тіла спортсмена; стовпчики 13, 14 – для фронтальної).
7. Розрахувати суму отриманих значень моментів сил тяжіння окремо для координат x та y. Отримані результати занести до розрахункової таблиці.
8. Знайти координати ЗЦТ тіла спортсмена за наступними формулами:

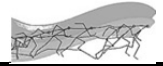
$$x = \frac{\sum P_i x_i}{P} \qquad y = \frac{\sum P_i y_i}{P}.$$

Відмітити розташування ЗЦТ тіла спортсмена на системі координат.

**Формою звітності** є графічне представлення центрів тяжіння ланок тіла та загального центра тяжіння усього тіла, представлення проміжних розрахунків.

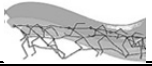
### Контрольні питання

1. Чим відрізняється ЗЦМ тіла спортсмена від ЦМ біоланки?
2. Яка різниця у поняттях ЗЦТ та ЗЦМ?
3. Що впливає на розташування ЗЦМ тіла?
4. Які анатоμο-фізіологічні особливості локалізації ЗЦТ тіла людини?
5. Що необхідно знати, щоб визначити вагу біоланки тіла спортсмена?
6. Від чого залежить момент інерції біоланки?
7. Яка послідовність визначення ЗЦТ тіла людини за допомогою аналітичного методу? В чому його переваги та недоліки?
8. Яка послідовність визначення ЗЦТ тіла людини за допомогою графічного методу? В чому його переваги та недоліки?



**Питання для самоконтролю з альтернативною відповіддю  
(за Лапутіним А.М.)**

1. Вага окремих ланок тіла залежить від ваги тіла в цілому.  
*Правильно                      Неправильно*
2. Центр тяжіння твердого тіла є певною фіксованою точкою, що не змінює свого положення відносно тіла.  
*Правильно                      Неправильно*
3. Загальний центр тяжіння системи тіл може змінювати своє положення, якщо змінюються відстані між окремими масами цієї системи.  
*Правильно                      Неправильно*
4. У біомеханіці розрізняють центри тяжіння окремих ланок та загальний центр тяжіння усього тіла.  
*Правильно                      Неправильно*
5. Щоб визначити координати ЗЦТ тіла шляхом розрахунку у будь-якій позі, необхідно знати: положення окремих ланок тіла; вагу окремих ланок тіла; положення ЦТ окремих ланок тіла.  
*Правильно                      Неправильно*
6. При зміні пози ЗЦТ може знаходитися за межею тіла людини.  
*Правильно                      Неправильно*
7. У людини, яка стоїть в основній стійці, горизонтальна площина, що проходить через ЗЦТ, знаходиться приблизно на рівні другого крижового хребця.  
*Правильно                      Неправильно*
8. У положенні лежачи ЗЦТ зміщується в бік голови приблизно на 10 %.  
*Правильно                      Неправильно*
9. У жінок ЗЦТ тіла розташований у середньому на 1-2 % нижче, ніж у чоловіків.  
*Правильно                      Неправильно*
10. Загальний цент тяжіння тіла людини – це точка докладання рівнодійної сили тяжіння до землі усіх частин тіла людини.  
*Правильно                      Неправильно*



## ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 4.4

**РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНА РОБОТА:  
ВИЗНАЧЕННЯ МОМЕНТУ ІНЕРЦІЇ ТІЛА ЛЮДИНИ ПРИ  
ВИКОНАННІ РУХОВИХ ДІЙ (ЗА МЕТОДОМ В.А. ПЕТРОВА)**

**Мета роботи:** навчити студентів розраховувати момент інерції тіла людини при виконанні нею рухових дій.

**Рекомендована література:**

1. Біомеханіка спорту / За загальною редакцією А.М. Лапутіна. – К.: Олімпійська література, 2001. – 318 с.
2. Лапутин А.Н., Хапко В.Е. Биомеханика физических упражнений. – К.: Рад. шк., 1986. – 135 с.
3. Практикум по биомеханике: Пособие для ИФК /Под редакцией И.М.Козлова. - М.: ФиС, 1980. – 120 с.
4. Практическая биомеханика / А.Н.Лапутин, В.В.Гамалий, А.А.Архипов и др.; А.Н.Лапутин (общ. ред.). – К.: Науковий світ, 2002. – 298 с.

**Методичні рекомендації до практичного заняття**

Для з'ясування причин, які викликають і змінюють рухи людини, потрібно досліджувати **динаміку** рухів, реєструвати **динамічні характеристики**. Суттєве значення тут мають величини сил, що діють на людину ззовні і які створюються його власними м'язами.

**Динаміка** розглядає вплив взаємодії між тілами на їхній механічний рух. На відміну від кінематичних характеристик динамічні не можна оцінити за зовнішньою картиною. Тут завжди потрібна вимірювальна апаратура. Ці характеристики вимірюють тому, що саме вони допомагають розібратися зі складним механізмом формування рухів, розкрити **причини зміни рухів та їх механізми**.

**До динамічних характеристик відносяться:**

- 1) інерційні характеристики (особливості тіл, що безпосередньо рухаються),
- 2) силові характеристики (особливості взаємодії тіл).

**Інерційні характеристики** розкривають особливості тіла людини при взаємодії з іншими тілами. Від інерційних характеристик залежить збереження і зміна швидкості руху тіла. Однією з основних інерційних характеристик є **інертність тіла**.

**Мірою інертності тіла при поступальному русі є маса**. Чим більшою є маса тіла, тим більш важко вивести його зі стану спокою або змінити його рух. Вона вимірюється відношенням прикладеної сили до викликаного нею прискорення ( $m = F / a$ , маса тіла, як його інерційна характеристика, визначає залежність прискорення від прикладеної сили, тобто маса – це коефіцієнт пропорційності між силою і прискоренням).

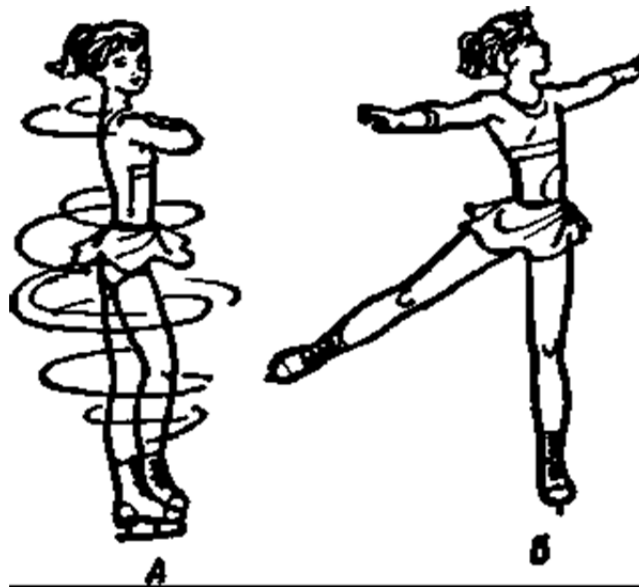


При обертанні інертність тіла залежить не лише від маси, але і від того, як вона розподілена відносно осі обертання. Чим більшою є відстань від ланки до осі обертання, тим більшою є внесок цієї ланки в інертність тіла. Тому інерційною характеристикою руху людини є *момент інерції тіла*. Це головна інерційна характеристика рухів людини. Момент інерції тіла дорівнює відношенню моменту сили, відносно змінної осі, до викликаного ним кутового прискорення або сумі добутків маси всіх його часток і квадратів радіусу інерції:  

$$J = m \cdot R^2.$$

Звідси видно, що момент інерції тіла є більшим, коли його частини знаходяться на більшій відстані від осі обертання. В цьому випадку той самий момент сили  $M(F)$  викличе менше кутове прискорення. Інерційний опір швидко збільшується з віддаленням частин тіла від осі обертання.

Отже, при обертальному русі інертність тіла людини залежить не лише від маси, але й від положення. На рисунку 53 зображено фігуристку, що виконує обертання.



**Рисунок 53. Затримання обертання при зміні пози:  
 А – менша; Б – більша величина радіусу інерції і моменту інерції,  
 який є пропорційним квадрату радіуса інерції**

На рисунку 53 (А) спортсменка обертається швидко і виконує близько 10 обертів в секунду. У положенні, яке зображено на рисунку 53 (Б), обертання різко уповільнюється і потім зупиняється. Це відбувається тому, що, відводячи руки в боки, фігуристка робить своє тіло більш інертним: хоч маса ( $m$ ) залишається тією ж, збільшується радіус інерції ( $R_i$ ) і, відповідно, момент інерції.





**Хід роботи:**

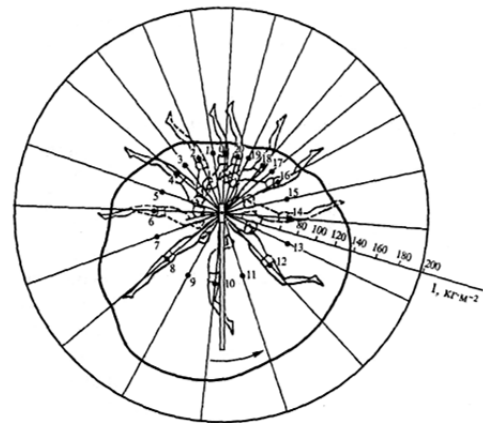
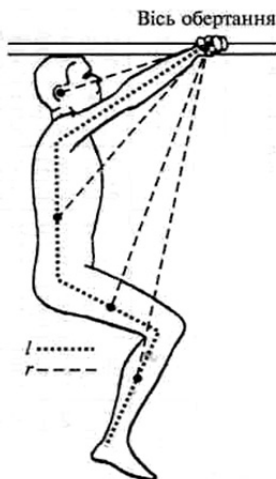
1. Побудувати біокінематичну схему рухової дії, що вивчається, визначивши об'єкти дослідження та масштаб схеми. Підготувати таблицю 24 для розрахунку.

**Таблиця 24**

**Розрахункова таблиця для визначення моменту інерції**

Біоланка тіла	Маса біоланки, кг	Довжина біоланки ( $l$ ), м	Відстань від ЦТ біоланки до осі обертання, ( $r$ ), м	$k$	Момент інерції біоланки, $\text{кг} \cdot \text{м}^{-2}$
Голова					
Тулуб					
Плече праве					
Плече ліве					
Передпліччя праве					
Передпліччя ліве					
Кисть права					
Кисть ліва					
Стегно праве					
Стегно ліве					
Гомілка права					
Гомілка ліва					
Стопа права					
Стопа ліва					

2. За біомеханічною схемою виміряти довжину біоланок ( $l$ ) у міліметрах, враховуючи масштаб схеми, перевести отримані дані в метри і записати у відповідні графи таблиці.
3. Визначити ЦМ окремих біоланок і відмітити їхнє положення на біокінематичній схемі.
4. Виміряти з урахуванням масштабу біокінематичної схеми відстань від центрів мас біоланок до зовнішньої закріпленої осі обертання ( $r$ ) і записати до таблиці.





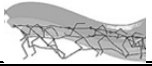
5. Користуючись таблицею значень коефіцієнтів  $k$  визначити його значення для кожної біоланки, знаходячи його на перетині значень  $r$  та  $l$  і отримані дані занести до таблиці.

Відстань від ЦМ біоланки до осі $r$ , м	Довжина ланки $l$ , м															
	0	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,90	1,00	1,10	1,20
0	0	0,008	0,010	0,013	0,017	0,021	0,025	0,030	0,035	0,041	0,047	0,053	0,068	0,083	0,101	0,120
0,10	0,01	0,018	0,020	0,023	0,027	0,031	0,035	0,040	0,045	0,051	0,057	0,063	0,078	0,093	0,111	0,130
0,15	0,02	0,031	0,033	0,036	0,040	0,044	0,048	0,053	0,058	0,064	0,070	0,076	0,091	0,106	0,124	0,143
0,20	0,04	0,048	0,050	0,053	0,057	0,061	0,065	0,070	0,075	0,081	0,087	0,093	0,108	0,123	0,141	0,160
0,25	0,06	0,068	0,070	0,073	0,077	0,081	0,085	0,090	0,095	0,101	0,107	0,113	0,128	0,143	0,161	0,180
0,30	0,09	0,098	0,100	0,103	0,107	0,111	0,115	0,120	0,125	0,131	0,137	0,143	0,158	0,173	0,191	0,210
0,35	0,12	0,128	0,130	0,133	0,137	0,141	0,145	0,150	0,155	0,161	0,167	0,173	0,188	0,203	0,221	0,240
0,40	0,16	0,168	0,170	0,173	0,177	0,181	0,185	0,190	0,195	0,201	0,207	0,213	0,228	0,243	0,261	0,280
0,45	0,20	0,208	0,210	0,213	0,217	0,221	0,225	0,230	0,235	0,241	0,247	0,253	0,268	0,283	0,301	0,320
0,50	0,25	0,258	0,260	0,263	0,267	0,271	0,275	0,280	0,285	0,291	0,297	0,303	0,318	0,333	0,351	0,370
0,55	0,30	0,308	0,310	0,313	0,317	0,321	0,325	0,330	0,335	0,341	0,347	0,353	0,368	0,383	0,401	0,420
0,60	0,36	0,368	0,370	0,373	0,377	0,381	0,385	0,390	0,395	0,401	0,407	0,413	0,428	0,443	0,461	0,480
0,65	0,42	0,428	0,430	0,433	0,437	0,441	0,445	0,450	0,455	0,461	0,467	0,473	0,488	0,503	0,521	0,540
0,70	0,49	0,498	0,500	0,503	0,507	0,511	0,515	0,520	0,525	0,531	0,537	0,543	0,558	0,573	0,591	0,610
0,75	0,56	0,568	0,570	0,573	0,577	0,581	0,585	0,590	0,595	0,601	0,607	0,613	0,628	0,643	0,661	0,680
0,80	0,64	0,648	0,650	0,653	0,657	0,661	0,665	0,670	0,675	0,681	0,687	0,693	0,708	0,723	0,741	0,760
0,85	0,72	0,728	0,730	0,733	0,737	0,741	0,745	0,750	0,755	0,761	0,767	0,773	0,788	0,803	0,821	0,840
0,90	0,81	0,818	0,820	0,823	0,827	0,831	0,835	0,840	0,845	0,851	0,857	0,863	0,878	0,893	0,911	0,930
0,95	0,90	0,908	0,910	0,913	0,917	0,921	0,925	0,930	0,935	0,941	0,947	0,953	0,968	0,983	1,001	1,020
1,00	1,00	1,008	1,010	1,013	1,017	1,021	1,025	1,030	1,035	1,041	1,047	1,053	1,068	1,083	1,101	1,120
1,10	1,21	1,218	1,220	1,223	1,227	1,231	1,235	1,240	1,245	1,251	1,257	1,263	1,278	1,293	1,311	1,330
1,20	1,44	1,448	1,450	1,453	1,457	1,461	1,465	1,470	1,475	1,481	1,487	1,493	1,508	1,523	1,541	1,560
1,30	1,69	1,698	1,700	1,703	1,707	1,711	1,715	1,720	1,725	1,731	1,737	1,743	1,758	1,773	1,791	1,810
1,40	1,96	1,968	1,970	1,973	1,977	1,981	1,985	1,990	1,995	2,001	2,007	2,013	2,028	2,043	2,061	2,080
1,50	2,25	2,258	2,260	2,263	2,267	2,271	2,275	2,280	2,285	2,291	2,297	2,303	2,318	2,333	2,351	2,370
1,60	2,56	2,568	2,570	2,573	2,577	2,581	2,585	2,590	2,595	2,601	2,607	2,613	2,628	2,643	2,661	2,680
1,70	2,89	2,898	2,900	2,903	2,907	2,911	2,915	2,920	2,925	2,931	2,937	2,943	2,958	2,973	2,991	3,010
1,80	3,24	3,248	3,250	3,253	3,257	3,261	3,265	3,270	3,275	3,281	3,287	3,293	3,308	3,323	3,341	3,360
1,90	3,61	3,618	3,620	3,623	3,627	3,631	3,635	3,640	3,645	3,651	3,657	3,663	3,678	3,693	3,711	3,720
2,00	4,00	4,008	4,010	4,013	4,017	4,021	4,025	4,030	4,035	4,041	4,047	4,053	4,068	4,083	4,101	4,120

6. Розрахувати моменти інерції частин тіла та занести у відповідну графу таблиці.
7. Знайти спільний момент інерції тіла як суму моментів інерції частин тіла за формулою:  $I_i = m_i k_i$ .
8. Повторити розрахунки для решти поз біокінематичної схеми й на основі обчислених моментів інерції тіла побудувати графік зміни моменту інерції.

**Контрольні запитання**

1. Що таке момент інерції?
2. Які механічні умови необхідно створити для надання тілу людини або його окремих біоланці обертального руху?
3. Які фізичні чинники зумовлюють змінення швидкості обертального руху?
4. Як визначити момент інерції тіла відносно осі, що проходить через центр мас?
5. Як визначити момент інерції тіла відносно зовнішньої закріпленої осі?



**Питання для самоконтролю з альтернативною відповіддю  
(за Лапутіним А.М.)**

1. Закон інерції стверджує, що зміна руху – це результат дії сили.  
*Правильно                      Неправильно*
2. Момент інерції – це міра розподілу маси відносно осі.  
*Правильно                      Неправильно*
3. Момент інерції – векторна величина.  
*Правильно                      Неправильно*
4. Чим більший момент інерції тіла, тим легше змінити його рух.  
*Правильно                      Неправильно*
5. Визначення моменту інерції дозволяє дати кількісну оцінку інертності тіла спортсмена, який виконує обертальний рух.  
*Правильно                      Неправильно*
6. При дослідженні рухів людини радіус інерції тіла може бути порівняльною мірою інертністю тіла відносно його різних осей.  
*Правильно                      Неправильно*
7. Оскільки маса тіла людини залишається незмінною, момент інерції усього тіла не залежить від пози тіла.  
*Правильно                      Неправильно*
8. Групування під час виконання сальто зменшує момент інерції тіла спортсмена.  
*Правильно                      Неправильно*



## ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 4.5

### ПОНЯТТЯ ПРО ВИМІРЮВАЛЬНУ СИСТЕМУ. АПАРАТУРНІ КОМПЛЕКСИ ТА ВИМІРЮВАЛЬНІ СИСТЕМИ БІОМЕХАНІКИ

#### *План практичного заняття*

1. Загальна структура вимірювальних систем.
2. Основні типи датчиків, що сприймають інформацію, та їх характеристика.
3. Методи реєстрації рухів.
4. Класифікаційний розподіл інструментального обладнання.
5. Метод електротензодинамометрії.
6. Метод стабілографії.
7. Методи міотонографії та електроміографії.
8. Метод акселерометрії.
9. Метод гоміометрії.
10. Особливості безконтактних методів контролю.

#### *Рекомендована література*

1. Ашмарин Б.А. Теория и методика педагогических исследований в физическом воспитании. – М.: ФиС, 1978.
2. Біомеханіка спорту / За загальною редакцією А.М. Лапутіна. – К.: Олімпійська література, 2001. – 318 с.
3. Зациорский В.М., Годик М. А., Ярмульник Д.Н. Теоретические основы и практические пути применения математических методов для оценки специальной физической подготовленности спортсменов // Теория и практика физ. культуры. – 1964 – № 2.
4. Кедровський Б.Г., Матвійв В.І., Малярєнко І.В., Степанюк С.І. Інструментальні методи контролю. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт для студентів спеціальності 7.010103. ПМСО. Фізична культура. Спеціалізація: методика спортивно-масової роботи, туристична робота. – Херсон: Видавництво ХДПУ, 2002. – 40 с.
5. Лапутин А.Н., Уткин В.Л. Технические средства обучения: учебное пособие для ИФК. – М.: ФиС, 1990. – 80 с.
6. Программированное обучение и технические средства в спортивной тренировке / Под редакцией Н.А. Нельма. – М.: Полымя, 1994. – 148 с.
7. Спортивная метрология. Учебник для студентов ин-ов физ. культуры / Под ред. В.М. Зациорского. – М.: ФиС, 1982.
8. Спортивная метрология: Учебник для ин-ов физ. культуры – М.: ФиС, 1988. – 192 с.

#### *Методичні рекомендації до практичного заняття*

Типова схему *вимірювальної системи* (рис. 54) складається з таких блоків:

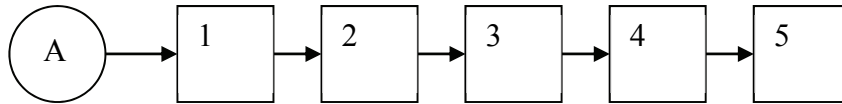
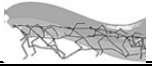


Рисунок 54. Функціональна блок-схема вимірювальної системи

**Перший** – об’єкт вимірювання, це можуть бути дії спортсмена в змаганнях або тренувальних заняттях, діяльність різних функціональних системи організму тощо. **Другий блок** – пристрій, що сприймає вимірювану величину. Для цього необхідний чутливий елемент засобу вимірювання – **датчик інформації**. Він сприймає інформацію і передає її в наступний блок – **перетворювач**. У ньому величина, яку вимірюють, перетвориться в електричну (гідравлічну, пневматичну) величину на основі фізичного закону про зв’язок між ними. Тут же відбувається посилення сигналу.

Наступний блок призначений для обчислювальних операцій. Сприйняте датчиком значення фізичної величини після перетворення і посилення порівнюється з еталоном і через наступний блок – **блок передачі вимірювальної інформації** – передається на пристрій для її відображення (і, якщо потрібно, для зберігання й автоматичної обробки на ЕОМ).

**1. Датчики, що сприймають інформацію.** Основне призначення датчиків – сприйняття фізичних величин, що характеризують вимірювані явища. Найбільш часто для цього використовують такі датчики:

- **фотодіоди** – вони використовуються в пристроях, за допомогою яких вимірюють час рухів;
- **реостатні датчики** – застосовуються в пристроях, за допомогою яких вимірюють амплітуду рухів у різних суглобах;
- **тензорезистори** – вони є чутливим елементом вимірювальної системи, за допомогою якої оцінюються динамічні показники рухів;
- **акселерометри** – призначені для вимірювання прискорень.

**2. Характеристика перетворювачів інформації.** Інформацію, сприйняту датчиками, необхідно перетворити у величину, придатну для подальшого аналізу. На це є багато причин: дуже різноманітні вхідні (вимірювані) величини; не для всієї з них є шкала мір; значні труднощі передачі вимірювань величини в її початковому вигляді.

Перетворення здійснюється за допомогою пристроїв, на виході яких формується сигнал, зручний для подальшого аналізу. Наприклад, зміна довжини провідника, викликана дією сили, перетвориться в електричну напругу. У процесі перетворення вимірювальної інформації відбувається і посилення сигналу, сприйнятого датчиком.

**3. Обчислювальні операції у вимірювальній системі.** Наступний блок вимірювальної системи здійснює обчислювальні операції. Оскільки вимірювання – це порівняння з еталоною мірою, зареєстрований сигнал нормується відповідно до обраної шкали. При цьому використовуються аналогові або дискретні методи обчислень.



**Аналогові методи обчислень** засновані на використуванні операційних підсилювачів, у яких здійснюються арифметичні операції. **Дискретні методи обчислень** базуються на застосуванні двійкових елементів, які можуть приймати тільки логічні значення, “0” або “1”.

**4. Передача вимірної інформації.** Для передачі результатів вимірювань використовуються телеметричні системи. З їх допомогою вимірювальна інформація передається по дротах або за допомогою радіохвиль.

**Дротяна телеметрія** застосовується переважно в лабораторних умовах; вона сполучає блок перетворення і попередньої обробки інформації з блоком її відображення. Висока перешкодостійкість дротяної телеметрії поєднується з істотним недоліком: дроти, що йдуть від спортсмена, заважають його діям.

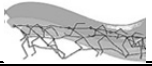
**Радіотелеметрія** позбавлена цього недоліку, оскільки результати вимірювань передаються по радіо. Робиться це так: на спортсмені укріплюються датчики, підсилювачі і перетворювачі інформації, радіопередавач і антена. Усі ці пристрої дуже компактні, і спортсмени фактично не відчують їх. Сигнали, що посиляються передавальним пристроєм, приймаються блоком, що складається з антени і приймача. Тут відбувається відображення, зберігання й автоматична обробка результатів вимірювань.

**5. Представлення вимірної інформації.** Розрізняються *дискретні* й *аналогові* форми представлення результатів вимірювань.

**Аналогові прилади**, що використовуються для безпосереднього відображення вимірювальної інформації, за їх допомогою одержують наочні діаграмні записи, які дають змогу аналізувати динаміку реєстрованого процесу. Найбільш часто використовують реєстратори з безперервним записом. У них стрілка вимірювального пристрою жорстко сполучена з реєструючим механізмом. На кінці стрілки є пір'я з капілярним пристроєм, через яке подається спеціальне чорнило. У деяких випадках замість пір'я використовується сопло, через яке струмінь чорнила викидається під значним тиском. Можна використовувати і самописці з фотозаписом. У них світловий промінь проектується на рухому фотоплівку. Інерційність фотопроменю невелика, і тому з його допомогою можна записувати високочастотні процеси, які переважно і трапляються в спортивних вимірюваннях.

Друга форма представлення вимірювальної інформації – за допомогою **цифрових приладів**. У цьому разі результати вимірювань висвічуються на цифрових табло різного типу. Використовуються три типи цифрової індикації: 1) механічні прилади цифрової індикації; 2) оптичні цифрові прилади; 3) електронні цифрові прилади. Останній тип приладів набув найбільшого поширення. У них індикація здійснюється світлодіодами або за допомогою рідких кристалів. Цифрові прилади дають змогу прочитувати вимірювальну інформацію в звичній і зручній для використання формі.

Автоматизація процесів вимірювання приводить до того, що для відображення і зберігання інформації використовується електронно-обчислювальна техніка. У таких випадках результати вимірювань:



- показуються (у вигляді графіка або цифр) на екрані дисплея;
- друкуються на бланку;
- записуються на магнітні диски для зберігання.

Основне призначення датчиків – сприйняття фізичних величин, що характеризують явища, які вимірюють. **Найбільш часто для цього застосовують такі датчики.**

**1. Фотодіоди.** Вони використовуються в пристроях, за допомогою яких вимірюють час рухів. Припустимо, що потрібно виміряти час пробігання кожного п'ятиметрового відрізка в бігу на 100 м. Для цього на доріжці стадіону через кожні 5 м встановлюють фотодіодні датчики (перший блок вимірювальної системи). Основу цих датчиків становить шар, що сприймає світловий потік (так званий *p-n* перехід). Під час пробігання спортсмена повз датчик змінюється світловий потік і зменшується освітленість шару.

Коли датчик освітлений, то на його клеммах є електрична напруга, при цьому одночасно знижується його внутрішній опір. Якщо тіло спортсмена зменшує світловий потік, внутрішній опір датчика зростає, а електрична напруга знижується. Це і є сигнал (інформація), що сприймається датчиком і перетворюється у фізичні величини (опір та напругу). Такі сигнали з кожного фотодіода послідовно передаються в інші блоки системи, порівнюються з еталонами, обробляються і відображаються у вигляді часу (або швидкості) бігу.

Вхідна величина фотодіодів – освітленість, вихідна – постійний струм. Вони чутливі в діапазоні від 0 до 500 Гц і мають погрішність в 1-3 %. Це один з недоліків фотодіодів, і його потрібно враховувати при особливо точних вимірюваннях.

**2. Реостатні датчики.** Вони використовуються в пристроях, за допомогою яких вимірюють амплітуду рухів у різних суглобах. Припустимо, що потрібно виміряти зміну кута в колінному суглобі під час удару по м'ячу ногою. Для цього можна використовувати реостатний датчик (потенціометр), укріплений на цьому суглобі.

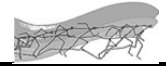
Принцип дії реостатних датчиків заснований на тому, що омичний опір провідника  $R$  залежить від його довжини  $l$ , площі перерізу  $q$  і питомого опору матеріалу  $p$ :

$$R = \frac{p \cdot l}{q}.$$

При зміні кута в суглобі може змінюватися будь-яка із змінних, і це позначатиметься на величині опору. Зміна кута в колінному суглобі під час удару залежить від взаєморозташування стегна і гомілки в ході руху. За цим критерієм може оцінюватися і техніка виконання удару.

Вхідна величина реостатного датчика – лінійне і кутове переміщення, вихідна – зміна опору. У нього порівняно невеликі погрішності, висока чутливість.

**3. Тензорезистори.** Вони є чутливим елементом вимірювальної системи, за допомогою якої оцінюються динамічні показники рухів. Необхідність такої оцінки очевидна: швидкість бігу залежить від сили



відштовхування (отже, тренер повинен її знати), дальність польоту м'яча – від сили удару; рівень сили визначає, чи зможе акробат зробити потрібне сальто, а гімнаст – “хрест” (упор руки в сторони на кільцях) тощо.

Для того, щоб визначити, наприклад, силу відштовхування в бігу, спортсмен повинен бігти по доріжці, у яку вмонтовані чутливі елементи — тензорезистори. Можна вчинити інакше – укріпити тензорезистори в підметках бігового взуття. Взаємодія спортсмена з доріжкою під час опорного періоду призводить до деформації і доріжки, і взуття, а отже, до деформації тензорезистора. Величина цієї деформації пропорційна силі взаємодії. Таким чином, визначивши деформацію, можна розрахувати прикладену силу.

В основі тензорезисторів лежить той самий фізичний принцип, що для реостатних датчиків: у разі розтягування або стиснення провідника змінюються його довжина, площа перетину і питомий опір. Ці зміни залежать від вектора сили і в межах пружності матеріалу провідника пропорційні їй. Тензорезистори придатні для вимірювання як статичних, так і динамічних навантажень.

Вхідна величина тензорезисторів – переміщення, вихідна – зміна опору. Їх перевагою є мала погрішність вимірювань, стійкість до вібрацій, невисока вартість. Недоліки: низька чутливість, необхідність ретельного приклеювання.

**4. Акселерометри.** Призначені для вимірювання прискорень; в основі роботи такого датчика лежить вимірювання сили інерції, що виникає під час руху. Сила інерції викликає відхилення маси акселерометру, яке прямо пропорційне прискоренню. Це відхилення вимірюється тензорезистором або п'єзоелектричним датчиком.

У спортивній практиці використовують оптичні, оптико-електронні і механоелектричні методи контролю рухів.

**Оптичні методи реєстрації рухів** включають фотографування і кінозйомку. Спільним у них є те, що зображення рухомих спортсменів (або будь-яких інших об'єктів) відображається на світлочутливому матеріалі. Є і відмінності: під час фотографування зображення фіксується на нерухомій фотопластині або фотопапері, під час кінозйомки – на рухомій світлочутливій плівці.

Найчастіше оптична реєстрація рухів (фотографія або кінофільм) застосовуються тренером для загальної оцінки правильності виконуваних рухів, відповідності їх визначеним еталонам. Найчастіше в цьому випадку використовуються кінограми, покадровий перегляд яких дає змогу оцінити узгодженість послідовних елементів рухів. Тут можна говорити переважно про якісну оцінку рухів.

При цьому, щоб вичленувати окремі моменти руху, можливий сповільнений показ кінограм. Особливо ефективний такий метод показу при швидкісній кінозйомці (100-500 кадрів за секунду). У цьому разі вдається побачити всі особливості руху, оцінити, що спортсмен робить добре, а що – погано.

Кількісна оцінка проводиться зазвичай складнішими методами: за допомогою **циклографії або стробофотографії**.





**Стробофотограма** є суміщенням на одному фотознімку зображенням декількох послідовних поз руху. Для цього зйомка проводиться за допомогою обтюратора – непрозорого диска з прорізами, що обертається. Якщо ж на тілі спортсмена (або спортивному снаряді) закріпити мініатюрні лампочки, світлодіоди або дзеркальні відбивачі (так звані маркери), то в результаті реєстрації одержимо **циклограму**. Вона матиме вигляд переривистої лінії, що відображає траєкторію переміщення сегмента тіла, на якому укріплений маркер.

Знаючи швидкість обертання обтюратора, за відстанню між точками переривистої лінії можна розрахувати швидкість переміщення сегментів. Природно, що вимоги до точності визначення положення точки в просторі дуже високі. Тому зсув маркера під час руху і нестабільність обертань обтюратора недопустимі. Саме вони є джерелами систематичних і випадкових помилок вимірювання.

**Оптико-електронна реєстрація рухів** переважно здійснюється за допомогою **відеозапису**. У цьому разі оптичне зображення руху перетворюється в електричний сигнал і записується на магнітній стрічці. Відразу ж після запису руху можуть бути відтворені на екрані дисплея (телевізора). За допомогою такого пристрою можна записувати на магнітну стрічку все, що завгодно: природу, рухи і дії спортсменів, виробничі процеси тощо. Така універсальність стандартного відеокомплекту обмежує його застосування для реєстрації і подальшого аналізу швидких спортивних рухів.

У зв'язку з цим останніми роками створюються спеціалізовані відеомагнітофони (так звані Speed-Video), які ефективно використовуються в спортивній практиці. Так, наприклад, три відеокамери, сполучені з ЕОМ, фіксують спереду, збоку і зверху гру волейболістів, виявляючи найістотніші моменти діяльності змагання.

На рисунку 55 представлено класифікаційний розподіл інструментального обладнання.

**Механоелектричні методи.** Найчастіше вони застосовуються для реєстрації біоелектричних процесів, що відбуваються в організмі спортсменів, а також при вимірюванні біомеханічних характеристик рухів. Основні біоелектричні процеси, що інформативно відображають тренувальну і змагальну діяльність, оцінюються після реєстрації електрокардіограми (ЕКГ) і електроміограми (ЕМГ). У першому випадку оцінюється стан серця, а в другому – м'язів (у спокої або під час виконання вправ).

**Метод електротензодинамометрії** – дозволяє реєструвати та вимірювати зусилля, що проявляє людина під час взаємодії з опорою та іншими об'єктами довколишнього середовища, які мають певну масу. В основі роботи кожного тензодатчика лежить явище тензоефекту – властивість змінювати електричний опір під впливом деформації.

Здатність зберігати рівновагу є однією з найважливіших умов забезпечення життєдіяльності організму. Методика, що забезпечує можливість кількісного та якісного аналізу стійкості стояння, власне і називається **стабілографією**.

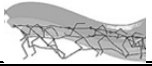


Рисунок 55. Класифікація інструментальних методів вимірювання

Крива зміни координат ЗМЦ тіла при збереженні стійкості стояння називається *стабілограмою*. *Метод стабілографії* дозволяє вивчати біомеханічні характеристики рухів людини, а також дозволяє:

- кількісно оцінювати стійкість тіла людини та систем тіл;
- контролювати хід навчання різних видів рівноваг у спортивні та художній гімнастиках;
- проводити тестування стану спортсменів перед змаганнями;
- визначати стерпність до тренувальних навантажень;
- здійснювати професійний відбір найбільш здібних індивідуумів;
- фіксувати факт вживання людиною деяких фармакологічних препаратів та алкоголю.

*Метод міотонографії* дозволяє реєструвати та аналізувати якості скелетних м'язів людини. Його можливості дозволяють отримувати термінову інформацію про стан усіх досліджуваних м'язів у графічній та цифровій формах. *Метод електроміографії* – це спосіб реєстрації біоелектричної активності скелетних м'язів. Виділяють основні напрями використання електроміограми для вивчення активної рухової діяльності людини:



- вивчення електричної активності окремих функціональних рухових одиниць;
- вивчення електричної активності окремих м'язів;
- вивчення узгодженості електричної активності багатьох м'язів, що беруть участь у одному русі;
- використання електроміограми у якості електростимуляторів.

**Метод акселерометрії** дозволяє виміряти прискорення ЗЦМ тіла людини та окремих його біоланок при виконанні рухових дій. Акселерометр призначений для вимірювання прискорень. Робота такого датчика заснована на вимірюванні сили інерції, яка виникає під час руху. Вимірювання прискорення відбувається у два етапи:

- механічне вимірювання прискорення;
- перетворення механічного переміщення маси датчика на електричний сигнал.

**Метод гоніометрії** дозволяє реєструвати кутові переміщення в суглобах. Величини суглобових кутів є важливими просторовими характеристиками. Безперервний контроль за величинами кутових переміщень є важливим для:

- вивчення спортивної техніки;
- навчання спортсменів раціональній техніці рухів;
- біомеханічного аналізу спортивних рухів;
- визначення рухомості сполучень ланок тіла, їх положень при різних позах, між позами рухів;
- оцінки гнучкості.

Для вимірювання кутових переміщень ланок тіла людини, оцінки рівня розвитку гнучкості (амплітуди рухів) використовуються такі методи: 1) рентгенографія; 2) оптико-електронні – фото-, кіно-, стробозйомка, стереоциклографія, стереостробозйомка, відеометрія; 3) механічний; 4) механоелектричний.

Безконтактні методи контролю представлені фотоапаратами та кінокамерами, фотографічним комплексом стробофотойомки, відеомагнітофонами, автоматизованими відеокомп'ютерними системами.

Процес збереження положення та пози тіла – складний процес управління та регуляції. Тіло людини з біомеханічної точки зору у біостатиці можна уявити як багатоланкову механічну систему, що складається з ряду ланок, які деформуються. Ці ланки з'єднані за допомогою шарнірів, в котрих діють суглобні моменти, що забезпечують жорсткість статичного положення усієї рухомої системи. Для оцінки умов рівноваги тіла людини широко застосовується **метод стабілографії**. Окрім цього, ця методика застосовується для визначення функціонального стану, витривалості до навантажень статичного характеру, оцінки координаційних здібностей людини з позицій професійного відбору.



## Стабілоаналізатор комп'ютерний з біологічним зворотним зв'язком «Стабилан-01-2»

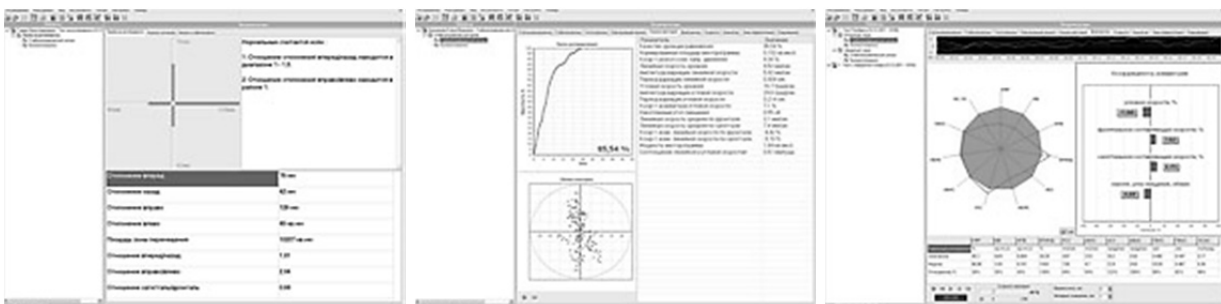
Комплекс призначений для реєстрації, обробки та аналізу траєкторії переміщення центру тиску тіла людини на площину опори з метою виявлення та реабілітації рухово-координаційних порушень у дорослих і дітей, а також експрес-оцінки функціонального стану людини з використанням векторного аналізу.



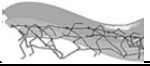
Програмне забезпечення комплексу Стабилан-01-2 включає в себе:

### 1. Набір стабілографічних методик:

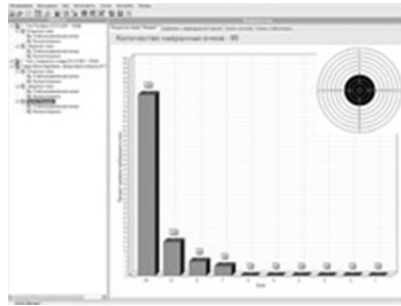
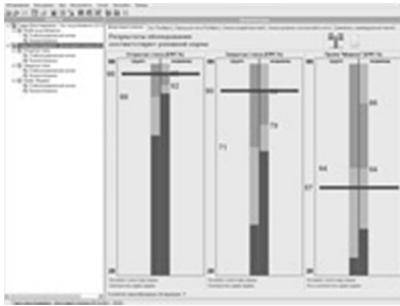
- тест Ромберга (є основним для проведення обстежень з метою контролю динаміки лікування і ряду інших досліджень);
- тест з поворотом голови (виявлення зміни функції рівноваги, пов'язані з порушенням кровообігу в вертебробазиллярном басейні);
- оптокінетического тест (виявлення зміни функції рівноваги, пов'язані з впливом оптокінетического ністагму, викликаного рухом по екрану чорних і білих смуг);
- психологічні тести (виявлення типу реакції на стресові вплив і оцінка латеральної асиметрії);
- дослідницькі тести (мішень, тест на стійкість, евольвента тощо)



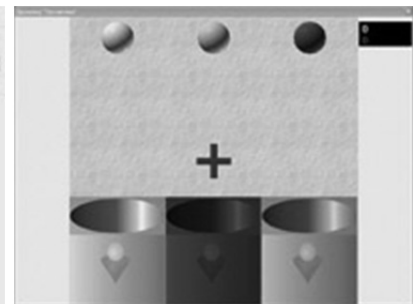
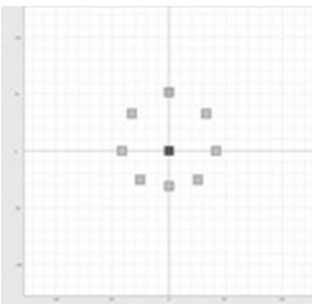
2. Контроль функціонального стану людини з використанням методики «допускового контроль». Комплекс «Стабилан-01-2» включає в себе методику «допускового контроль», яка унікальна по тривалості реєстрації (1 хвилина),



комфортності, при якій не потрібно кріплення електродів і додаткових датчиків до тіла людини і чутливості в оцінки функціонального стану обстежуваного, що дозволяє організувати високоефективний моніторинг стану здоров'я великих груп людей. Основний показник даної методики - якість функції рівноваги (ЯФР). Включає в себе три проби: тест Ромберга з відкритими і закритими очима, а також проба Мішень.

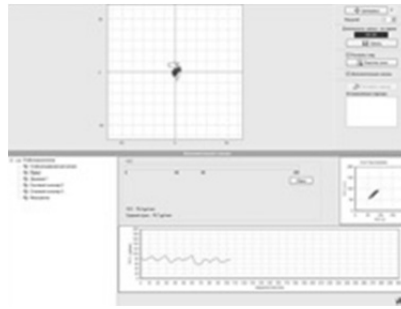


**3. Набір тренажерів для реабілітації.** Програмне забезпечення для «Стабилан-01-2» включає в себе набір стабілографічних комп'ютерних ігор, виконуваних методом біологічного зворотного зв'язку (БЗЗ) ізного ступеня складності для реабілітації та відновлення функції рівноваги при захворюваннях різного характеру (інсульт, ДЦП, парез, різні травми, переломи тощо).

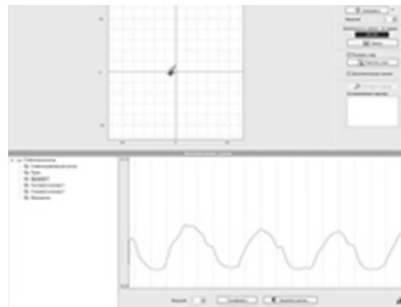
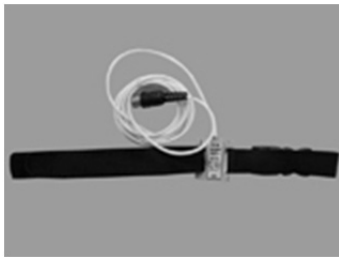


**Стабілоаналізатор комп'ютерний з біологічним зворотним зв'язком Стабилан-01-2 може доповнюватися наступними каналами:**

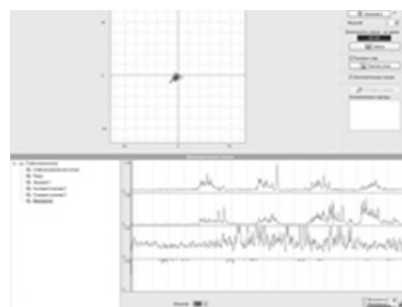
- **каналом ритмограми** (пульсу). Канал ритмограми з аналізом варіабельності серцевого ритму. Можливий запис сигналу як синхронно зі стабілографічним сигналом, так і окремо.



- **каналом зовнішнього дихання.** Канал периметричного дихання. Використовується в спортивній медицині, а так само в неврології для виявлення мозочків порушень. Можливий запис сигналу як синхронно зі стабілографічним сигналом, так і окремо.

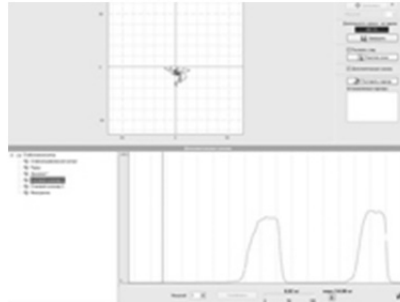


- **чотирма каналами інтегральних міограм.** Необхідні для запису біопотенціалів з чотирьох м'язів синхронно зі стабілографічним сигналом, а так само для використання в комп'ютерних міографічних тренажерах (спільний баланс-тренінг і тренінг м'язів) на основі біологічного зворотного зв'язку.





- *силомір кистьовим тензометричним;*



- *силомір становим тензометричним для проведення досліджень у спорті.*



***Стабілоаналізатор комп'ютерний з біологічним зворотним зв'язком «Стабілан-01-2» може бути представлений в наступних виконаннях:***

***Виконання 01:***

- *стабілометричеськіх платформа;*
- *програмно-методичне забезпечення.*

***Виконання 02:***

- *стабілометричеськіх платформа;*
- *програмно-методичне забезпечення;*
- *канал ритмограмм.*

***Виконання 05:***

- *стабілометричеськіх платформа;*
- *програмно-методичне забезпечення;*
- *канал ритмограмм;*
- *канал зовнішнього дихання;*
- *силомір кистьовий тензометричний;*
- *силомір становий тензометричний.*

***Виконання 12:***



- стабілометричеськіх платформа;
- програмно-методичне забезпечення;
- канал ритмограмм;
- канал інтегральних миограмма.

Виконання 13:

- стабілометричеськіх платформа;
- програмно-методичне забезпечення;
- канал ритмограмм;
- канал зовнішнього дихання;
- канал інтегральних миограмма.

Виконання 16 (Повна комплектація):

- стабілометричеськіх платформа;
- програмно-методичне забезпечення;
- канал ритмограмм;
- канал зовнішнього дихання;
- канал інтегральних миограмма;
- силомір кистьовий тензометричний;
- силомір становий тензометричний.

**Комплекс для білатеральних досліджень.** Даний комплекс застосовується для дослідження людини з використанням двох стабілоплатформ і дозволяє проводити реєстрацію:

- проєкції стоп на опорну поверхню стабілоплатформ;
- стабілограмми і баллістограмми для кожної ноги і сумарні баллістограмми;
- статокінезіграмм загального центру тиску;
- статокінезіграмм кожної кінцівки на проєкції стоп;
- розподілу маси на праву і ліву ноги з подальшою математичною обробкою.



### Контрольні питання

1. Назвіть склад блок-схеми вимірювальної апаратури.
2. Охарактеризуйте види датчиків вимірювальної системи.
3. Дати характеристику контактних методів вимірювання.

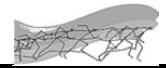




4. Дати характеристику безконтактних методів вимірювання.
5. Охарактеризуйте метод електротензодинамометрії.
6. Що таке електроміографія? Основні напрями її використання.
7. Особливості застосування акселерометрів.
8. Які методи реєстрації суглобових переміщень?
9. Що таке стабілографія, стабілограма? З чого складається стабілографічний вимірювальний комплекс?

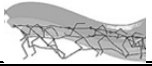
### **Тестові завдання для самоконтролю знань**

- 1. За допомогою якого методу визначається гнучкість у суглобах?**
  - а) акселерометрії;
  - б) гоніометрії;
  - в) відеозапису;
  - г) велоергометрія.
- 2. Які особливості використання відеозапису в системі спортивної підготовки?**
  - а) застосування його для визначення кінематичних особливостей рухів;
  - б) можливість контролю за психомоторними реакціями спортсменів;
  - в) можливість його використання для безконтактного контролю та перегляд одразу після виконання вправи.
- 3. Для чого в системі спортивної підготовки використовується тензометрична апаратура?**
  - а) визначення рухливості у суглобах;
  - б) визначення опорних реакцій під час виконання вправ;
  - в) визначення координатних здібностей спортсменів;
  - г) визначення витривалості.
- 4. В чому полягають особливості дослідження рухливості у суглобах за допомогою оптичних методів реєстрації?**
  - а) використання світлових маркерів;
  - б) використання спеціальних датчиків;
  - в) використання ергометрів;
  - г) використання комп'ютерних технологій.
- 5. Що є основою телеметричних вимірювань у спорті?**
  - а) можливість контролю часу реакції спортсменів;
  - б) можливість проведення вимірювань на відстані;
  - в) можливість застосування тензо- та п'єзоефектів;
  - г) можливість дослідження витривалості.



**Питання для самоконтролю з альтернативною відповіддю  
(за Лапутіним А.М.)**

1. Датчик – це реєструючий прилад.  
*Правильно                      Неправильно*
2. Блок-схема реєструючого комплексу складається з підсилювача та реєстратора.  
*Правильно                      Неправильно*
3. Електротензодинамометрія – метод реєстрації сили при взаємодії людини з опорою.  
*Правильно                      Неправильно*
4. Стабілограма характеризує стійкість тіла людини.  
*Правильно                      Неправильно*
5. В електроміографії використовуються п'єзодатчики.  
*Правильно                      Неправильно*
6. Для вимірювання прискорень біологічних тіл людини найкраще використовувати три площинні акселерометри.  
*Правильно                      Неправильно*
7. Гоніометрія – метод реєстрації електричної активності скелетних м'язів.  
*Правильно                      Неправильно*
8. В усіх оптичних методах використовується фотографічний процес.  
*Правильно                      Неправильно*
9. Кінограму можна отримати за допомогою фотозйомки.  
*Правильно                      Неправильно*
10. Маркер – це спеціальний кристал, що відбиває світло.  
*Правильно                      Неправильно*
11. Відеограма – це модель тіла людини.  
*Правильно                      Неправильно*
12. Тільки за допомогою відеометрії можна вивчати змагальну діяльність спортсмена.  
*Правильно                      Неправильно*
13. Найбільші переваги у вимірюваннях кількісних характеристик рухів тіла людини мають безконтактні методи.  
*Правильно                      Неправильно*



## ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 4.6

**РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНА РОБОТА:  
ВИЗНАЧЕННЯ СТУПЕНЯ СТІЙКОСТІ ТІЛА ЛЮДИНИ**

**Мета роботи:** навчити студентів визначати ступінь стійкості тіла спортсмена.

**Рекомендована література**

1. Біомеханіка спорту / За загальною редакцією А.М. Лапутіна. – К.: Олімпійська література, 2001. – 318 с.
2. Назаров В.Т. Движения спортсменов. – Мн.: Польша, 1984. – 176 с.
3. Практическая биомеханика / А.Н.Лапутин, В.В.Гамалий, А.А.Архипов и др.; А.Н.Лапутин (общ. ред.). – К.: Науковий світ, 2002. – 298 с.
4. Уткин В.Л. Биомеханика физических упражнения: Учеб. пособие для студентов фак. физ. воспитания пед.ин-тов, физ.культуры по спец. №2114 “Физ.воспитание”. – М.: Просвещение, 1989. – 210 с.

**Методичні рекомендації до практичного заняття**

У фізичних вправах людині нерідко необхідно зберігати нерухоме положення тіла: наприклад, вихідні положення – стартові дії; кінцеві положення – фіксація штанги після її підняття тощо; проміжні – упор кутом на кільцях тощо. У всіх таких випадках тіло людини як біомеханічна система знаходиться в рівновазі. У рівновазі можуть знаходитися і тіла, пов’язані зі збереженням положення людиною (наприклад, штанга, партнер в акробатиці).

Щоб зберегти положення тіла, людина повинна перебувати в рівновазі. Положення тіла визначається його позою, його орієнтацією і місцем розташування в просторі, а також відношенням до опори. Отже, для збереження положення тіла людині потрібно фіксувати позу і не допускати, щоб прикладені сили змінили позу і перемістили його тіло з даного місця в якомусь напрямі або викликали його поворот щодо опори.

**Для рівноваги тіла людини** (системи тіл) необхідно, щоб головний вектор і головний момент зовнішніх сил були рівні нулю, а всі внутрішні сили забезпечували зберігання пози (форми системи).

Якщо головний вектор і головний момент дорівнюють нулю, тіло не зрушується та не повернеться, його лінійне і кутове прискорення дорівнюють нулю. Для системи тіл ці умови також необхідні, але вже не достатні. Рівновага тіла людини як системи тіл вимагає ще **збереження пози тіла**. У різних людей існують свої граничні пози, які вони в змозі зберігати.

**Вид рівноваги твердого тіла визначається за дією сили тяжіння у разі малого відхилення:** а) байдужа рівновага – дія сили тяжіння не змінюється; б) стійка рівновага, яка завжди повертає тіло в попереднє положення (виникає момент стійкості); в) нестійка рівновага, за якої дія сили тяжіння завжди



викликає перекидання тіла (виникає момент перекидання); г) обмежено-стійка рівновага - до потенційного бар'єру положення тіла відновлюється (виникає момент стійкості), після нього тіло перекидається (виникає момент перекидання).

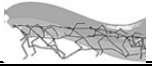
*У механіці твердого тіла розрізняють три види рівноваги:* байдужа, стійка і нестійка. Вони різняться поведінкою тіла, яке незначно відхиляє від положення рівноваги. У випадку повного збереження пози тіла людини (“затвердіння”), до нього застосовані закони рівноваги твердого тіла.

*Байдужа рівновага* характеризується тим, що за будь-яких відхиляючих силах зберігається рівновага. Кулю, циліндр, круговий конус на горизонтальній площині (нижня опора) можна повернути як завгодно, і вони залишаться в спокої. Лінія дії сили тяжіння в такому тілі (або, як кажуть, коротше лінія тяжіння) завжди проходить через точку опори, збігається з лінією дії сили опорної реакції; вони врівноважують один одного. *У спортивній техніці байдужої рівноваги ні на суші, ні у воді практично не зустрічається.*

*Стойка рівновага* характеризується поверненням тіла в попереднє положення при будь-якому відхиленні. Вона є стійкою при малому відхиленні з двох причин: а) створюється запас потенційної енергії в полі земного тяжіння, центр ваги тіла піднімається вище; б) лінія тяжіння не проходить через опору, з'являється плече сили тяжіння і виникає момент сили тяжіння, який повертає тіло (із зменшенням потенціальної енергії) в попереднє положення. *Така рівновага зустрічається у людини при верхній опорі.* Наприклад, гімнаст у висі на кільцях; вільна верхня кінцівка. Сила тяжіння тіла сама повертає тіло в попереднє положення.

*Нестійка рівновага* характеризується тим, що мале відхилення викликає ще більше відхилення і тіло саме в попереднє положення повернутися не може. Таке положення спостерігається при нижній опорі, коли тіло має точку або лінію опори. Під час відхилення тіла: а) центр тяжіння опускається нижче, убуває потенційна енергія в полі земного тяжіння; б) лінія тяжіння з відхиленням тіла віддаляється від точки опори, збільшуються плече і момент сили тяжіння, який все далі відхиляє тіло від попереднього положення. *Нестійка рівновага в природі є майже нездійсненною.*

*Під час виконання фізичних вправ найчастіше зустрічається ще один вид рівноваги, коли має місце бути площа опори, розташована внизу (нижня опора).* При незначному відхиленні тіла центр його тяжіння піднімається і з'являється момент стійкості. При цьому спостерігаються ознаки сталої рівноваги, а момент сили тяжіння тіла поверне його в попереднє положення. Але це триває лише при відхиленні до певних меж, поки лінія тяжіння не дійде до краю площі опори. У цьому положенні вже виникають умови *нестійкої рівноваги:* при подальшому відхиленні тіло перекидається; при найменшому відхиленні у зворотний бік – повертається в попереднє положення. Межі площі опори відповідає вершина “потенційного бар'єру” (максимум потенційної енергії). В межах між протилежними бар'єрами (“потенційна яма”) у всіх напрямках здійснюється обмежено-стійка рівновага.



**Стійкість тіла характеризується його здатністю протидіяти порушенню рівноваги, зберігати положення.** Розрізняють **статичні показники стійкості** як здатність чинити опір порушенню рівноваги і **динамічні** як здатність відновити рівновагу.

**Статичним показником стійкості твердого тіла служить (в обмежено-стійкому рівновазі) коефіцієнт стійкості. Динамічним показником стійкості твердого тіла служить кут стійкості.** Це кут, утворений лінією дії сили тяжіння і прямої, що з'єднує центр ваги з відповідним краєм площі опори.

**У разі рівноваги біомеханічної системи для застосування динамічних показників стійкості потрібно врахувати істотні уточнення.**

По-перше, площа ефективної опори людини не завжди співпадає з поверхнею опори. У людини, як і у твердого тіла, поверхня опори обмежена лініями, які з'єднують крайні точки опори (або зовнішні краї декількох площ опори). Але у людини часто межа площі ефективної опори розташована всередині контуру опори, так як м'які тканини (стопа босоніж) або "слабкі" ланки (кінцеві фаланги пальців в стійці на руках на підлозі) не можуть урівноважити навантаження. Тому лінія перекидання переміщується досередини від краю опорної поверхні, площа ефективної опори стає меншою площі опорної поверхні.

По-друге, людина ніколи не відхиляється всім тілом відносно лінії перекидання (як кубик), а переміщується відносно осей будь-яких суглобів, що не зберігаючи повністю пози (наприклад, при положенні стоячи – рух в гомілковостопних суглобах).

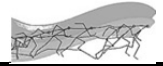
По-третє, при наближенні до граничного стану нерідко стає важко зберегти позу і настає не просто перекидання "отверділого тіла" навколо лінії перекидання, а зміна пози з падінням. Це суттєво відрізняється від відхилення і перекидання твердого тіла навколо грані перекидання.

Таким чином, **кути стійкості в обмежено-стійкій рівновазі** характеризують динамічну стійкість як здатність відновити рівновагу. При визначенні стійкості тіла людини необхідно також враховувати межі площі ефективної опори, надійність збереження пози до граничного положення тіла і реальну лінію перекидання.

**Збереження положення тіла людини досягається управлінням силами у рухах компенсаторного, амортизуючого та відновлювального характеру, в результаті яких ЗЦТ тіла людини при коливаннях залишається в зоні збереження положення або повертається в неї із зони відновлення положення.**

**У збереженні положення для тіла людини характерні коливання, в межах яких діють умови рівноваги.** Тому ЗЦТ не займає положення в одній єдиній точці, а переміщається в певних зонах.

**Оптимальна зона положення ЗЦТ** – найбільш відповідає завданню збереження необхідного положення. Відповідне положення не завжди найбільш зручне; нерідко складніше його зберегти, ніж при відомих відхиленнях від необхідного; це найменша зона.



**Зона збереження положення** – переміщення ЗЦТ в межах цієї зони ще не призводить до повного порушення положення (наприклад, над “потенційною ямою” в обмежено-стійкій рівновазі). Але наближення ЗЦТ до її меж загрожує втратою рівноваги; межі цієї зони визначаються умовами рівноваги системи тіл і можливостями збереження пози. Вона більша, ніж оптимальна зона, і включає її в свої межі.

**Зона відновлення положення** – переміщення ЗЦТ в цю зону для механічної системи неминуче, оскільки в ній уже порушуються умови рівноваги. Неживе тіло з цієї зони не може саме вернутися в попереднє положення, а людина, використавши необхідні зовнішні сили, ще може відновити положення. Ця зона оточує ззовні зону збереження рівноваги, але не включає її в свої межі.

Для осіб різної фізичної підготовленості ці зони неоднакові. Для менш підготовлених зона збереження положення зменшена; у них менше площа ефективної опори, і вони при менших відхиленнях втрачуть можливість утримати позу. Для них зона відновлення положення також звужена, оскільки у них менший запас сил і спритності, щоб зуміти відновити положення.

У боротьбі за збереження положення використовується як ослаблення дії рушійних сил, так і посилення дії урівноважуючих сил.

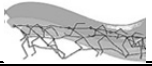
**Компенсаторні рухи** виникають в той момент, коли рушійні сили переміщують частину ланок тіла. Компенсаторні рухи попереджають можливе виведення ЗЦТ із зон збереження положення або навіть з оптимальної. Компенсаторні рухи нейтралізують ефект рушійних сил. Вони виконуються одночасно з рухами, що загрожують втратою рівноваги, і, як правило, автоматично.

**Амортизаційні рухи** дозволяють ЗЦТ переміщатися в зоні збереження положення. Ці рухи розтягують у часі дію рушійних сил, зменшують їх ефект. Часто вони збільшують дію урівноважуючих сил. Вони, як і компенсаторні рухи, відбуваються одночасно з дією рушійних сил.

**Відновлюючі рухи** повертають ЗЦТ із зони відновлення положення в зону збереження положення. Вони можуть також переміщати ЗЦТ і всередині останньої (наприклад, в оптимальну зону)

### **Хід роботи:**

1. Сфоторграфувати досліджуваного в просторовому положенні тіла, котре вивчається, у двох площинах – фронтальній та сагітальній.
2. За фотограмами зробити необхідні вимірювання для визначення локалізації ЗЦТ тіла.
3. Розрахувати масштаб зображення й скласти розрахункову таблицю 25.



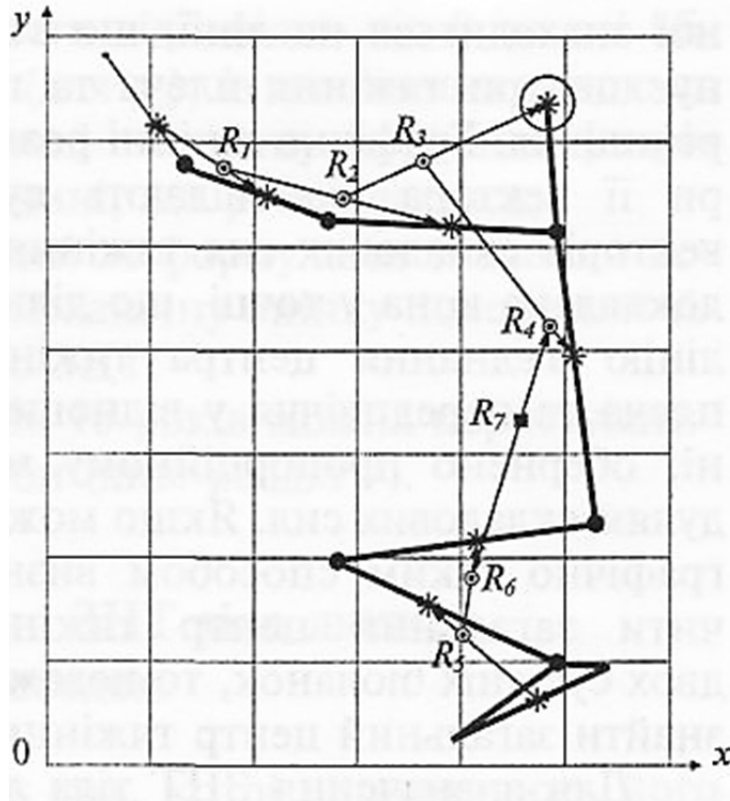
## Критерії (показники) стійкості тіла людини

№	Критерій	Результат
1.	Висота розташування ЗЦТ	
2.	Сагітальний розмір площі опори, м	
3.	Фронтальний розмір площі опори, м	
4.	Площа опори, м <sup>2</sup>	
5.	Передній кут стійкості, град	
6.	Задній кут стійкості, град	
7.	Лівий кут стійкості, град	
8.	Правий кут стійкості, град	
9.	Вага тіла ( $P$ ), Н	
10.	Передній радіус стійкості, м	
11.	Задній радіус стійкості, м	
12.	Лівий радіус стійкості, м	
13.	Правий радіус стійкості, м	
14.	Передній момент стійкості, Н · м	
15.	Задній момент стійкості, Н · м	
16.	Лівий момент стійкості, Н · м	
17.	Правий момент стійкості, Н · м	
18.	Перекидна сила, Н	
19.	Висота докладання перекидної сили, м	
20.	Перекидний момент, Н · м	
21.	Передній коефіцієнт стійкості	
22.	Задній коефіцієнт стійкості	
23.	Лівий коефіцієнт стійкості	
24.	Правий коефіцієнт стійкості	

4. Провести лінію тяжіння тіла (опустити перпендикуляр із ЗЦТ на площу опори), виміряти її довжину, перевести у реальні розміри відповідно до вибраного масштабу й записати у пункт 1 таблиці; усі лінійні розміри (висоту розташування ЗЦТ, сагітальні та фронтальні розміри площі опори, радіуси стійкості, висоту докладання перекидної сили), виміряні на фотограмі у міліметрах, перевести у реальні розміри, виражені у метрах.
5. Сагітальні та фронтальні розміри площі опори тіла, перевести у реальні розміри й дані записати у пункти 2 і 3 таблиці.
6. За фотограмою, виконаною у сагітальній площині, виміряти передній та задній кути стійкості (для цього із ЗЦТ до передньої крайньої точки межі площі опори проводять похилу лінію, потім за допомогою транспортира вимірюють кут між нею та лінією тяжіння, аналогічно вимірюють задній кут стійкості тіла), а результати записати відповідно навпроти пунктів 5 і 6.
7. За фотограмою, виконаною у фронтальній площині, виміряти правий та



лівий кути стійкості тіла, результати занести відповідно до пунктів 7 та 8. Виміряти радіуси стійкості ( $r$ ) в усіх досліджуваних напрямках (для цього виміряти відстань від точки перетину площі опори лінією тяжіння до передньої, задньої, лівої та правої межі площі опори), перевести отримані дані у реальні розміри та записати відповідно до пунктів 10-13.



**Рисунок 56. Біостатична схема положення тіла людини, побудована для визначення ЗЦТ графічним методом:**

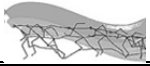
● – суглоби; \* – ЦТ біоланки; © – точка прикладання рівнодійних; ■ – ЗЦТ тіла

8. Обчислити моменти стійкості тіла в усіх напрямках та дані записати відповідно до пунктів 14-17.
9. Діленням спряженого (що знаходиться в одній площині) моменту стійкості на перекидний момент визначити коефіцієнт стійкості тіла людини у даному положенні, результати занести до таблиці.
10. Дати оцінку ступеню стійкості тіла у просторовому положенні, яке вивчається, на основі аналізу окремих показників стійкості та зробити висновки.

### Контрольні питання

1. Від чого залежить ступінь стійкості тіла спортсмена?
2. Що називається площею опори тіла спортсмена?
3. Що таке кут стійкості тіла спортсмена?
4. Що таке радіус стійкості?





5. Як визначити перекидний момент, що діє на тіло спортсмена?
6. Як визначити перекидний момент, що діє на тіло спортсмена?
7. Що таке коефіцієнт стійкості?

**Питання для самоконтролю з альтернативною відповіддю  
(за Ланутінім А.М.)**

1. Ступінь стійкості тіла людини залежить від пози.  
*Правильно                      Неправильно*
2. Вага тіла не впливає на ступінь його стійкості.  
*Правильно                      Неправильно*
3. При незмінній площі опори стійкість тіла в усіх напрямках однакова.  
*Правильно                      Неправильно*
4. Момент стійкості можна визначити як добуток ваги тіла на відповідний радіус стійкості.  
*Правильно                      Неправильно*
5. Перекидний момент може бути визначений як добуток сили тяжіння на висоту розташування ЗЦТ тіла людини.  
*Правильно                      Неправильно*
6. Коефіцієнт стійкості визначає здатність тіла зберігати та втрачати рівновагу при дії на нього перекидної сили.  
*Правильно                      Неправильно*
7. Стійкість тіла спортсмена залежить від ступеня рухомості у суглобах.  
*Правильно                      Неправильно*
8. Зміна положення ЗЦТ не впливає на ступінь стійкості тіла, якщо площа опори залишається незмінною.  
*Правильно                      Неправильно*



## ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 4.7

### РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНА РОБОТА: ВИЗНАЧЕННЯ КІНЕМАТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОБЕРТАЛЬНОГО РУХУ ТІЛА ТА АНАЛІЗ ЗАЛЕЖНОСТІ РУХУ ЛЮДИНИ ВІД ДІЇ СИЛИ ТЯЖІННЯ

**Мета роботи:** навчити студентів визначати кутові положення тіла при обертальному русі, розраховувати кутові швидкості і прискорення за способом різниць, будувати їх кругові графіки та досліджувати взаємозв'язок змін радіусу центра тяжіння, кутових швидкостей та прискорень.

#### **План практичного заняття**

1. Біомеханічні характеристики.
2. Види біомеханічних характеристик.
3. Кінематичні характеристики.
4. Особливості визначення кутової швидкості та кутового прискорення.

#### **Рекомендована література**

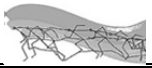
1. Біомеханіка спорту / За загальною редакцією А.М. Лапутіна. – К.: Олімпійська література, 2001. – 318 с.
2. Практическая биомеханика / А.Н.Лапутин, В.В.Гамалий, А.А.Архипов и др.; А.Н.Лапутин (общ. ред.). – К.: Науковий світ, 2002. – 298 с.
3. Уткин В.Л. Биомеханика физических упражнения: Учеб. пособие для студентов фак. физ. воспитания пед.ин-тов, физ.культуры по спец. №2114 “Физ.воспитание”. – М.: Просвещение, 1989. – 210 с.

#### **Методичні рекомендації до практичного заняття**

Закономірності рухів залежать від особливостей будови функцій організму. Для вивчення рухових дій опорно-руховий апарат людини розглядають як **біомеханічну систему** – спрощену модель, яка враховує особливості, що є найбільш істотними для рухів.

**Біомеханічні характеристики** – це показники, які використовуються для кількісного опису і аналізу рухової діяльності. Всі біомеханічні характеристики поділяються на: кінематичні, динамічні і енергетичні. У них різне призначення: **кінематичні характеризують зовнішню картину рухової діяльності, динамічні несуть інформацію про причини змін рухів, енергетичні дають уяву про механічну продуктивність і економічність.**

Біомеханічний аналіз рухів людини спрямовано на оптимізацію їх виконання під час фізичних навантажень (спортивних, тренувальних), при фізичній реабілітації після отриманих травм та інших випадках. **Першим етапом такого аналізу є визначення кінематичних характеристик руху** – кількісних характеристик, які розкривають форму і характер рухів через просторово-часове зображення. Біомеханічні характеристики описують поступальні і обертальні рухи. В більшості рухів людини поступальний і



обертальний компоненти присутні одночасно. До того ж руховий апарат людини побудовано таким чином, що всі рухи (в тому числі і поступальні) утворені з комбінацій обертальних рухів у суглобах. У якості просторових характеристик використовуються координати тіла, його траєкторія; в якості часових – момент часу, темп, ритм рухів; у якості просторово-часових – швидкість тіла та його прискорення.

**Кінограма** – це метод реєстрації кінематичних характеристик тіла, що дозволяє зафіксувати зміну положень тіла під час його руху (на кожному кадрі фіксується лише одне положення, за яким можна визначити позу тіла і координати точок тіла у відповідний момент часу).

При обертальному русі рух людини характеризують **кутові характеристики** (кутові координати, кутова швидкість, кутове прискорення). Однак для визначення цих величин потрібна **розпізнавальна точка** (пункт або лінія відліку) на тілі. За таку точку в багатьох випадках приймають **загальний центр тяжіння тіла** (ЗЦТ). **Початок відліку** встановлюється на лінії, яка проводиться через стойку перекладини. **Напрямок відліку** – за часовою стрілкою в сторону руху гімнаста. **Одиниці відліку** – кутові градуси (визначаються за допомогою транспортиру.). Відлік кутового положення тіла (кутова координата) у кожній точці ведеться по лінії від точки обертання тіла до ЗЦТ, яка служить лінією відліку від вертикалі за часовою стрілкою до радіусу ЗЦТ, який проведено від перекладини до ЗЦТ (рис. 57).

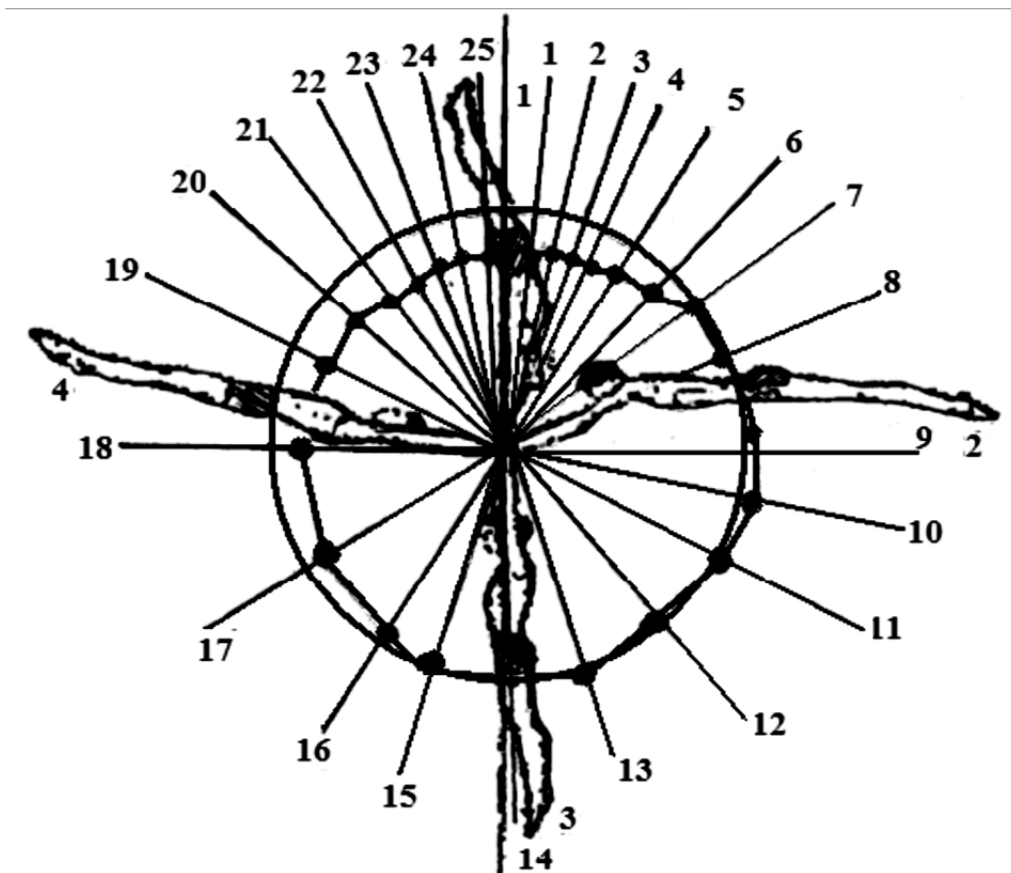


Рисунок 57. Круговий графік положення загального центру тяжіння (ЗЦТ) тіла гімнаста при виконанні ним обертального руху



**Кутова швидкість ( $\omega$ )** – це міра швидкості зміни кутового положення всього тіла у просторі з часом. Її вимірюють відношенням кутового переміщення ( $\Delta\varphi$ ) до витраченого часу ( $\Delta t$ ):

$$\omega = \Delta\varphi / \Delta t$$

**Розрахунок ведеться за способом різниць:**

**Перші різниці ( $\Delta\varphi$ )** – це величини числівника за формулою, які виражені в одиницях величини кута. Це не самі швидкості, але через те, що при їх розрахунку береться однакове значення  $\Delta t$ , то різниці є прямо пропорційними швидкостям. Таким чином, другі різниці ( $\Delta^2\varphi$ ) – це величини числівника у формулі прискорення:

$$\varepsilon = \Delta^2\varphi / \Delta t^2.$$

які виражені у величинах кута. Вони є також прямо пропорційними прискоренням. Таким чином, якщо нас цікавить лише те, як саме і коли змінюються швидкості і прискорення, а не їх абсолютні значення, то можна не вести розрахунок до кінця, а розглядати лише різниці.

З кутової координати 3-ої пози ( $\varphi_3$ ) віднімають кутову координату 1-ої пози ( $\varphi_1$ ). Різниця  $\Delta\varphi_2 = \varphi_3 - \varphi_1$  дорівнює числівнику формули кутової швидкості ( $\omega_2 = \Delta\varphi_2 / \Delta t$ ). Це – шлях (у кутових координатах), який був пройдений за перші два інтервали часу. Ця різниця є прямо пропорційною швидкості.

Так, якщо повне обертання зроблено за 2 сек, то при цьому кожне з 25 положень зафіксовано через  $t = 0,08$  сек. Два інтервали часу дорівнюють 0,16 сек. Тому, поділивши відповідну  $\Delta\varphi$  на  $\Delta t = 2t = 0,16$  с, отримаємо кутову швидкість (в градусах за одну секунду).

**Кутове прискорення** – це міра швидкості зміни кутової швидкості з часом. Вона вимірюється відношенням приросту кутової швидкості (додатного або від'ємного) до часу, який було витрачено на цей приріст.

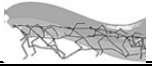
**Розрахунок кутових прискорень ведеться за способом других різниць.**

З першої різниці 4-ої пози віднімається перша різниця 2-ої пози. Отримана різниця  $\Delta^2\varphi_3 = \varphi_4 - \varphi_2$  складає числівник формули кутового прискорення ( $\varepsilon_3 = \Delta^2\varphi_3 / \Delta t^2$ ). Вона є прямо пропорційною прискоренню.

**Розрахунок різниць ведеться через 2 інтервали, і середнє прискорення відноситься до проміжної точки.**

**Зміни кутової швидкості тіла гімнаста і відповідні прискорення залежать від дії сили тяжіння** (при русі вниз вона прискорює рух, при русі вгору – затримує), а також від зміни довжини радіусу ЗЦТ. Коли ЗЦТ наближується до перекладини, з'являється додатне кутове прискорення, і кутова швидкість збільшується; віддалення ЗЦТ від перекладини здійснює протилежну дію.

Щоб простежити за впливом наближення ЗЦТ до центру обертання і віддалення від нього, крім траєкторії руху ЗЦТ необхідно отримати кругові графіки кутових швидкостей і прискорень:



**1. Круговий графік кутових швидкостей** добре зображувати відкладаючи величини кутової швидкості (перших різниць  $\Delta\varphi$ ) на радіусах ЗЦТ від вісі перекладини. З'єднання усіх точок на радіусах (від № 2 до № 24) дає графік кутової швидкості.

**2. Круговий графік кутового прискорення** зображують іншим чином, оскільки швидкість має один знак (рух в одному напрямку), а у прискорення два знаки (додатній – при зростанні швидкості і від'ємний – при її зменшенні). За нульовий рівень приймається коло довільного радіусу (центр його – вісь перекладини).

**Додатні прискорення відкладаються за радіусами відповідних точок до центру від кола (від нуля), а від'ємні – від центру.**

**Хід роботи:**

1. Перенести на папір положення ЗЦТ (25 точок), вісі перекладини і вертикалі. Зобразити траєкторію руху, провівши радіуси ЗЦТ від центру обертання до кожної точки, які відповідають ЗЦТ, та з'єднавши всі ці точки. Провести коло радіусом ЗЦТ поза у природно випрямленому положенні ЗЦТ (поза № 7).
2. Визначити кутові положення тіла  $\varphi$  (вимірюючи від вертикалі за рухом від  $0^0$  до  $360^0$ ).
3. Розрахувати перші і другі різниці, отримуючи значення кутових швидкостей і кутових прискорень тіла людини. Результати занести в таблицю 26.

**Таблиця 26**

**Значення різниць для розрахунку кутових швидкостей та прискорень**

Поза	$\varphi$				
1					
2					
3					
...					

4. Зобразити кругові графіки кутових швидкостей і прискорень. **Для графіку швидкості:** відкладати на радіусах ЗЦТ (починаючи з 2-ої пози) величину кутової швидкості у довільному масштабі (наприклад, 100 першої різниці відповідають 10 мм). **Для графіку прискорень:** відкладати на радіусах ЗЦТ (починаючи з 3-ої пози) від кола довільного радіусу



додатні прискорення до центру, від'ємні – від центру (масштаб 10 мм:100 другої різниці).

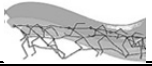
5. Проаналізувати залежності руху від дії сили тяжіння і наближення тіла до вісі перекладини. Відмітити, де відбувається віддалення ЗЦТ від перекладини і його наближення до неї, та якими є пов'язані з цим зміни прискорення і швидкості. Дати аналіз оберտальному руху людини на перекладині за визначеними кінематичними характеристиками.

### ***Контрольні питання***

1. Для чого та за якими етапами проводять біомеханічний аналіз рухів людини?
2. У чому полягають особливості оберտального руху людини?
3. Як знайти кутові швидкості і кутові прискорення при оберտальному русі тіла людини?
4. Як дія сили тяжіння тіла людини впливає на виконання людиною оберտальних рухів?
5. Як змінюються кінематичні характеристики залежно від дії сили тяжіння при оберտальному русі людини?

### ***Тестові завдання для самоконтролю знань***

1. **Як називається лінія, яку описує рухома точка по відношенню до даної системи відліку?**
  - а) шлях;
  - б) траєкторія;
  - в) точка відліку;
  - г) матеріальна точка.
2. **Як називається рух, за якого на всіх ділянках траєкторії середня швидкість однакова?**
  - а) рівновіддаленим;
  - б) подовженим;
  - в) рівномірним;
  - г) динамічним.



- 3. Що називається межею, до якої наближається відношення переміщення тіла в межах цієї точки до часу при необмеженому зменшенні інтервалу?**
- а) миттєва швидкість;
  - б) рівномірна швидкість;
  - в) стрибкоподібна швидкість;
  - г) динаміка.
- 4. Як називається часова міра повторності рухів?**
- а) ритм рухів;
  - б) швидкість рухів;
  - в) рівномірність рухів;
  - г) темп рухів.
- 5. В яких одиницях вимірюється прискорення?**
- а)  $\text{м/с}^2$ ;
  - б)  $\text{м/с}$ ;
  - в) Вт;
  - г)  $\text{км/м}$ .
- 6. Як називається рух, за якого тіло кинуте вертикально вниз, то траєкторія - вертикальний відрізок?**
- а) рівносповільнений;
  - б) рівно перемінний;
  - в) рівноприскорений;
  - г) рівномірний.
- 7. Як називається відношення кута повороту його радіус-вектора до часу, за який здійснений поворот?**
- а) частота обертання;
  - б) період обертання;
  - в) кутова швидкість;
  - г) векторна швидкість.
- 8. Як називається зміна кутової швидкості до часу цієї зміни, обчислене в дуже маленькому інтервалі для даної точки траєкторії?**
- а) лінійне прискорення;
  - б) векторне прискорення;
  - в) вільне прискорення;
  - г) кутове прискорення.



**9. Як виражається тривалість руху?**

- а)  $N = 1 / t$ ;
- б)  $t_{2-1} : t_{2-3} : t_{4-3} \dots$ ;
- в)  $t = t_{\text{кон}} - t_{\text{нач}}$ ;
- г)  $V = dx / dt$ .

**10. Як визначається величина доцентрового прискорення визначається формулами?**

- а)  $T = N / t$ ;
- б)  $T = t / N$ ;
- в)  $a = D / D t$ ;
- г)  $a_{\text{ц}} = V^2 / R$ .

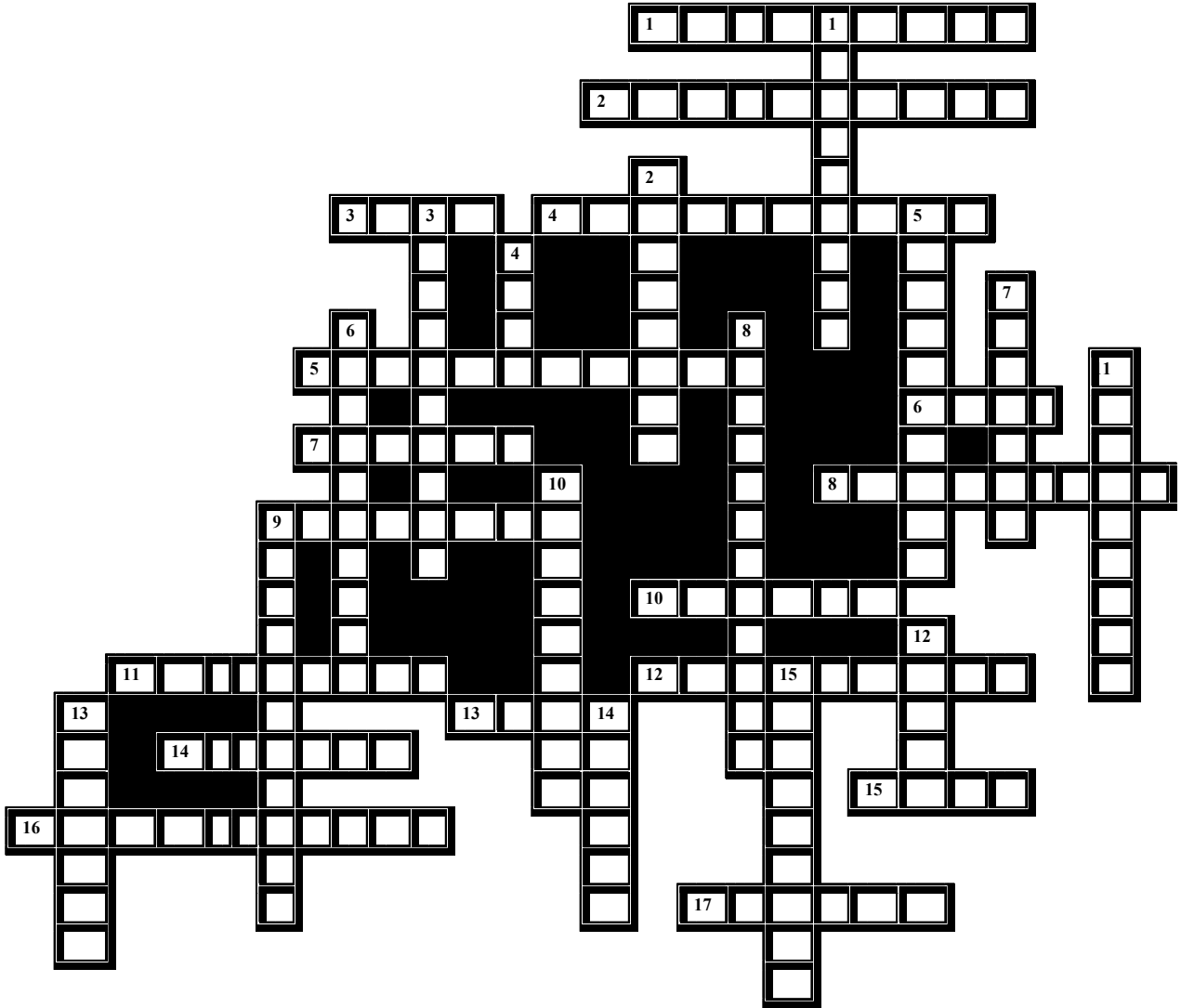


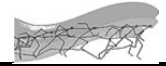


ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 4.8

КРОСВОРД НА ТЕМУ  
“ТЕРМІНОЛОГІЧНІ ОСНОВИ БІОМЕХАНІКИ СПОРТУ”

*Мета:* закріпити знання щодо термінологічного апарату біомеханіки спорту.



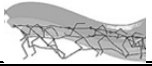


**По горизонталі:**

1. Засновник теорії структурності рухових дій.
2. Просторова біомеханічна характеристика, яка характеризує відстань від початку системи координат до прямокутної проекції на відповідну вісь координат.
3. Часова міра співвідношення фаз рухової дії.
4. Кінематична характеристика, яка визначається за різницею моментів часу.
5. Наука про рухову діяльність живих систем.
6. Часова міра повторюваності циклів фізичної вправи.
7. Фізична величина, що характеризується числовим значенням та напрямком.
8. Французький вчений, розробник теореми визначення ЗЦТ тіла людини через складання моментів сил тяжіння.
9. Інтенсивність зміни сили в часовому просторі.
10. Біомеханічна категорія, яка складається з твердого тіла, біопари та сил, під дією яких відбувається взаємне переміщення.
11. Стан фізичної системи, в якому її характеристики не змінюються з плином часу.
12. Метод реєстрації кінематичних характеристик тіла людини.
13. Міра інертності тіла при поступальному русі.
14. Представник механічного напрямку розвитку біомеханіки.
15. Найменший часовий елемент системи рухів.
16. Просторово-часова характеристика рухової дії.
17. Послідовне з'єднання біоланок через біокінематичні пари.

**По вертикалі:**

1. Просторово-часова міра руху, що визначається відношенням пройденого шляху до витраченого часу.
2. Розділ механіки, що вивчає механічні причини руху усіх матеріальних тіл у природі.
3. Метод реєстрації рухів на відстані.
4. Скалярна характеристика зміни положення точки вздовж певної траєкторії.
5. Просторова характеристика, що визначає слід рухомої точки.
6. Розділ біомеханіки, що вивчає зовнішню картину рухових дій.
7. Складова біомеханічної системи.
8. Дія прикладених сил, що може здійснювати деформацію опорно-рухового апарату в ході рухової діяльності.
9. Метод реєстрації кутових переміщень в суглобах.

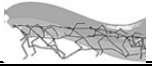


10. Біомеханічна категорія, що визначає здатність протидіяти порушенню рівноваги.
11. Сукупність узгоджених рухів людини, що викликають її активне переміщення в просторі.
12. Складова біокінематичного ланцюга.
13. Фізичне явище збереження модуля та напрямку швидкості.
14. Представник фізіологічного напрямку розвитку біомеханіки.
15. Вид руху, за якого всі точки тіла переміщуються по колах з загальною віссю обертання.



## ТЕМАТИКА РЕФЕРАТИВНИХ РОБІТ З КУРСУ “БІОМЕХАНІКА”

1. Історія розвитку біомеханіки спорту.
2. Біомеханічні методи дослідження спортивної діяльності.
3. Біомеханічна характеристика опорно-рухового апарату спортсмена.
4. Закономірності роботи м'язового апарату спортсмена під час виконання фізичних вправ.
5. Біомеханічні аспекти управління руховою діяльністю спортсменів.
6. Основи моделювання біомеханічних систем.
7. Біомеханічні вимоги до розвитку рухових якостей спортсмена (за видами спорту).
8. Біомеханічні особливості рухових дій в обраному виді спорту (за видами спорту).
9. Біомеханічні особливості локомоторних рухів (за видами спорту).
10. Кінематика рухових дій в обраному виді спорту.
11. Динаміка рухових дій в обраному виді спорту.
12. Характеристика механічної роботи під час виконання фізичних вправ.
13. Основні тенденції зміни біомеханічних показників рухових дій спортсменів з ростом спортивної майстерності.
14. Рухові дії спортсмена як керована система.
15. Механічні властивості рухової системи.
16. Оптичні та оптико-електронні методи дослідження рухових дій.
17. Енергетичні характеристики при оцінці ефективності спортивних рухів.
18. Біомеханічні механізми забезпечення положення тіла та постави.
19. Біомеханічні механізми відштовхування від опори.
20. Біомеханіка стартових дій у різних видах спорту.
21. Біомеханічні механізми обертових рухів тіла без опори.
22. Біомеханічні механізми обертових рухів тіла з опорою.
23. Біомеханіка розминки та стомлення.
24. Вікові особливості розвитку моторики (за шкільною періодизацією).
25. Біомеханічні особливості моторики жінок.
26. Біомеханічні особливості рухових функцій в старечому віці.

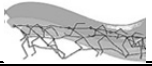


## СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Аванесов В.С. Тесты в социологическом исследовании / В.С. Аванесов. – М., 1982. – 186 с.
2. Ашмарин Б.А. Теория и методика педагогических исследований в физическом воспитании / Б.А. Ашмарин. – М.: Знание, 1978. – 247 с.
3. Баландин В.И. Прогнозирование в спорте / В.И. Баландин, Ю.М. Блудов, В.А. Плахтиенко. – М.: Физкультура и спорт, 1986. – 192 с.
4. Бернштейн Н.А. О ловкости и ее развитии / Н.А. Бернштейн – М.: Физкультура и спорт, 1991. – 28 с.
5. Бешелев С.Д. Экспертные оценки / С.Д. Бешелев, Ф. Г. Гурвич. – М.: Наука, 1973. – 157 с.
6. Біомеханіка спорту / За загальною редакцією А.М. Лапутіна. – К.: Олімпійська література, 2001. – 318 с.
7. Благущ П.К. К теории тестирования двигательных способностей / П.К. Благущ. – М.: Физкультура и спорт, 1982. – 361 с.
8. Брижаний О.В. Біомеханіка: модульна система навчання: [навчальний посібник для факультетів фізичного виховання педагогічних вузів та педагогічних університетів] / О.В. Брижаний – Суми: ВВП “Мрія” ЛТД, 1997. – 64 с.
9. Брижаний О.В. Біомеханічні основи спортивної діяльності: [навчальний посібник] // Лекційний матеріал до дисципліни “Теорія і методика обраного виду спорту” / О.В. Брижаний, С.В. Одинцова – Суми, 1998. – 154 с.
10. Верхошанский Ю.В. Основы специальной физической подготовки спортсменов / Ю.В. Верхошанский – М.: Физкультура и спорт, 1988. – 331 с.
11. Волков В.М. Спортивный отбор / В.М. Волков, В.П. Филин. – М.: Физкультура и спорт, 1983. – 176 с.
12. Годик М.А. Система общеевропейских тестов для оценки физического состояния человека. / М.А. Годик, В.К. Бальсевич, В.Н. Тимошкин // Теория и практика физ.культуры. – М., 1994. – № 5/6. – С. 24-32.
13. Годик М.А. Спортивная метрология / М.А. Годик. – М.: Физкультура и спорт, 1988. – 261 с.
14. Гурфинкель В.С. Скелетная мышца, структура и функция / В.С. Гурфинкель, Ю.С. Левик. – М.: Наука, 1985. – 143 с.
15. Донской Д.Д. Биомеханика с основами спортивной техники / Д.Д. Донской – М.: Физкультура и спорт, 1971. – 288 с.
16. Запорожанов В.А. Контроль в спортивной тренировке / В.А. Запорожанов. – К.: Здоров’я. 1988. – 144 с.
17. Зациорский В.М. Задачи по спортивной метрологии. Надежность тестов / В.М. Зациорский, З.М. Баранова, Б.А. Сулаков. – М., 1980. – 29 с.
18. Зациорский В.М. Основы спортивной метрологии / В.М. Зациорский – М.: Знание, 1979. – 189 с.



19. Зациорский В.М. Биомеханические основы выносливости / В.М. Зациорский, С. Алешинский, Н.Л. Якунин. – М.: Физкультура и спорт, 1982 – 207 с.
20. Зациорский В.М. Биомеханика двигательного аппарата человека / В.М. Зациорский, А.С. Аруин, В.П. Селуянов. – М.: Физкультура и спорт, 1981. – 143 с.
21. Зотов В.П. Восстановление работоспособности в спорте / В.П. Зотов. – К.: Здоров'я, 1990. – 200 с.
22. Иваницкий М.Ф. Анатомия человека (с основами динамической и спортивной морфологии): [учеб. для ИФК] / М.Ф. Иваницкий. – М.: Физкультура и спорт, 1985. – 544 с.
23. Иванов В.С. Основы математической статистики [учебник для институтов физической культуры] / В.С. Иванов. – М., 1990. – 176 с.
24. Иванов В.В. Комплексный контроль в подготовке спортсменов / В.В. Иванов. – М.: Физкультура и спорт, 1987. – 256 с.
25. Исаев Л.К. Метрология и стандартизация в сертификации / Л.К. Исаев, В.Д. Малинский. – М., 1996. – 205 с.
26. Карпман В.Л. Тестирование в спортивной медицине / В.Л. Карпман – М.: Физкультура и спорт, 1988. – 208 с.
27. Кедровський Б.Г. Інструментальні методи контролю // Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт для студентів спеціальності 7.010103. ПМСО. Фізична культура. Спеціалізація: методика спортивно-масової роботи, туристична робота / Б.Г. Кедровський, В.І. Матвіїв, І.В. Малярєнко, С.І. Степанюк. – Херсон: Видавництво ХДПУ, 2002. – 40 с.
28. Клименко А.П. Практика тестирования / А.П. Клименко. – М.: Физкультура и спорт, 1991. – 213 с.
29. Крилова Т.Д. Основы стандартизации, сертификации, метрологии / Т.Д. Крилова. – М.: Знание, 1998. – 192 с.
30. Лапутин А.Н. Обучение спортивным движениям / А.Н. Лапутин. – К.: Здоров'я, 1986. – 216 с.
31. Лапутин А.Н. Технические средства обучения: [учебное пособие для тутов физической культуры] / А.Н. Лапутин, В.Л. Уткин. – М.: Физкультура и спорт, 1990. – 80 с.
32. Лапутин А.Н. Биомеханика физических упражнений / А.Н. Лапутин, В.Е. Хапко. – К.: Радянська школа, 1986. – 135 с.
33. Лапутін А.М. Біомеханічні основи техніки фізичних вправ / А.М. Лапутін, М.О. Носко, В.О. Кашуба. – К.: Науковий світ, 2001. – 201 с.
34. Назаров В.Т. Движения спортсменов / В.Т. Назаров – Мн.: Полымя, 1984. – 176 с.
35. Нока Р.М. Основы кинезиологии / Р.М. Нока. – К.: Олимпийская литература, 2004. – 400 с.



36. Практикум по биомеханике: пособие для институтов физической культуры /Под редакцией И.М.Козлова. – М.: Физкультура и спорт, 1980. – 120 с.
37. Практическая биомеханика / А.Н.Лапутин, В.В.Гамалий, А.А.Архипов и др.; А.Н.Лапутин (общ. ред.). – К.: Науковий світ, 2002. – 298 с.
38. Программированное обучение и технические средства в спортивной тренировке / Под редакцией Н.А. Нельма. – М.: Полымя, 1994. – 148 с.
39. Сергієнко Л.П. Спортивна метрологія: теорія і практичні аспекти: [підручник] / Л.П. Сергієнко. – К.: КНТ, 2010. – 776 с.
40. Смирнов Ю.Н. Спортивная метрология / Ю.Н. Смирнов, М.М. Повельщиков. – М.: “Академия”, 2000. – 232 с.
41. Техническая подготовка спортсменов в циклических видах спорта / В.К. Братковский, Г.И. Лисенко – К.: Здоров'я, 1991. – 135 с.
42. Уткин В.Л. Биомеханика физических упражнения: [учеб. пособие для студентов фак. физ. воспитания пед.ин-тов, физ.культуры по спец. №2114 “Физ.воспитание”] / В.Л. Уткин. – М.: Просвещение, 1989. – 210 с.
43. Фомин Н.А. Физиологические основы двигательной активности / Н.А. Фомин, Ю.М. Вавилов. – М.: Физкультура и спорт, 1991. – 224 с.

**Наукове видання**

***РЕГІНА ІГОРІВНА АНДРЕЄВА***

# **БІОМЕХАНІКА І ОСНОВИ МЕТРОЛОГІЇ**

**НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНИЙ ПОСІБНИК**

**ISBN 978-617-7273-20-1**

*Комп'ютерна верстка Андрєєва Р. І.*

Підписано до друку 03.11.2015. Формат 60x 84/16.

Папір офсетний Наклад 300 примірників.

Гарнітура Times New Roman. Друк ризографія.

Ум. друк. арк. 13,3. Обл.-вид. арк. 14,31.

Замовлення № 225.

Книжкове видавництво ПП Вишемирський В. С.

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру  
суб'єктів видавничої справи серія ХС № 48 від 14.04.2005 р.

видано Управлінням у справах преси та інформації  
73000, Україна, м. Херсон, вул. 40 років Жовтня, 138,  
тел. (050) 133-10-13, e-mail: vvs2001@inbox.ru