

ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
“ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ”
МІНІСТЕРСТВА ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

О.В. Соколова

СПОРТИВНА МЕТРОЛОГІЯ

**Методичні рекомендації до лабораторних занять
для студентів освітньо-кваліфікаційного рівня “бакалавр”
напрямів підготовки “Фізичне виховання”, “Спорт”,
“Здоров’я людини”**

Запоріжжя
2013

ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»
МІНІСТЕРСТВА ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

О.В. Соколова

СПОРТИВНА МЕТРОЛОГІЯ

Методичні рекомендації
до лабораторних занять для студентів
освітньо-кваліфікаційного рівня “бакалавр”
напрямів підготовки “Фізичне виховання”, “Спорт”,
“Здоров’я людини”

Затверджено
Вченою радою ЗНУ
Протокол № 4
від 26.11.2013

Запоріжжя
2013

УДК 796.015.14 (075.8)
ББК Ч511.5я73
С 594

Соколова О.В. Спортивна метрологія: методичні рекомендації до лабораторних занять для студентів освітньо-кваліфікаційного рівня “бакалавр” напрямів підготовки “Фізичне виховання”, “Спорт”, “Здоров’я людини”. – Запоріжжя: ЗНУ, 2013. – 57 с.

У методичних рекомендаціях надаються теоретичні відомості і порядок виконання лабораторних робіт зі спортивної метрології. Виконання лабораторних робіт допоможе студентам глибше засвоїти теоретичний матеріал, проводити математичну обробку результатів дослідження, навчить здійснювати комплексний контроль у фізичному вихованні і спорті і у майбутньому використовувати його результати у практичній діяльності. Надані питання для перевірки знань дають студентам можливість у процесі контролю визначити ступінь засвоєння вивченого матеріалу з дисципліни “Спортивна метрологія”.

Методичні рекомендації розраховані на студентів факультету фізичного виховання.

Рецензент *М.В. Маліков*
Відповідальний за випуск *А.П. Конох*

ЗМІСТ

Передмова.....	5
Змістовий модуль 1. Основи курсу “Спортивна метрологія”.	
Метрологічні основи теорії вимірювань і тестування у фізичному вихованні і спорті.....	7
Лабораторне заняття № 1	
Визначення віку людини в день тестування	7
Лабораторне заняття № 2	
Соматометричні і фізіометричні величини фізичного розвитку людини.....	9
Лабораторне заняття № 3	
Оцінка фізичного розвитку людини методом індексів.....	12
Лабораторне заняття № 4	
Соматоскопічні величини фізичного розвитку людини.....	16
Змістовий модуль 2. Метрологічні основи оцінювання.	
Контроль за техніко-тактичною майстерністю	
Математико-статистичні методи обробки результатів вимірювання.....	19
Лабораторне заняття № 5	
Метод середніх величин. Визначення вірності добору групи, яка підлягає дослідженню.....	19
Лабораторне заняття № 6	
Метод середніх величин. Визначення однорідності та однотипності групи, яка підлягає дослідженню.....	30
Лабораторне заняття № 7	
Кореляційний аналіз. Оцінка залежності між двома величинами, що вимірюються.....	33
Лабораторне заняття № 8	
Вибірковий метод. Порівняння двох середніх арифметичних за допомогою критерію Ст’юдента.....	43
Рекомендована література.....	50
Додатки.....	52

ПЕРЕДМОВА

Сучасний розвиток суспільства поставив нові завдання і вимоги до педагогічних кадрів, які працюють у галузі фізичного виховання, фізичної реабілітації та спорту. Працівники цієї сфери повинні не тільки навчити людину керувати своїми рухами й тілом, а ще й здійснювати комплексний контроль фізичного стану і рухової діяльності. Тобто навчити отримувати, обробляти й аналізувати статистичний матеріал в процесі проведення експериментальних досліджень у фізичному вихованні та спорті.

Предметом вивчення навчальної дисципліни “Спортивна метрологія” є вимірювання і комплексний контроль у фізичному вихованні і спорті та використання результатів, які було одержано, у подальшому плануванні підготовки фізкультурників та спортсменів.

Як навчальна дисципліна “Спортивна метрологія” виходить за рамки загальної метрології. Так, у фізичному вихованні і спорті окрім забезпечення вимірювання фізичних величин, таких як довжина, маса та інші, підлягають вимірюванню педагогічні, психологічні, біологічні і соціальні показники, які за своїм змістом не можна назвати фізичними. Методикою їхніх вимірювань загальна метрологія не займається, тому було розроблено спеціальні вимірювання, результати яких всебічно характеризують підготовленість фахівців із фізичної культури і спортсменів.

Використання методів математичної статистики в спортивній метрології дало можливість одержати більш точне уявлення про вимірювані об'єкти, порівняти їх і оцінити результати вимірювань. У практиці фізичного виховання і спорту проводять вимірювання в процесі систематичного контролю, у ході якого реєструються різні показники змагальної і тренувальної діяльності, а також фізичний стан спортсменів. Тому навчальна дисципліна “Спортивна метрологія” має тісний зв'язок з такими дисциплінами, як метрологія, математика, фізика, анатомія, біологія, фізіологія людини, вікова фізіологія, фізіологія спорту, статистика, тестологія, теорія і методика фізичного виховання, теорія та методика спортивного тренування, теорія управління.

Метою викладання навчальної дисципліни “Спортивна метрологія” є оволодіння студентами факультету фізичного виховання теоретичними знаннями та практичними навичками, які необхідні для науково обґрунтованого здійснення комплексного контролю змагальної та спортивно-прикладної діяльності у фізичному вихованні, спорті та масовій фізичній культурі.

. Основними завданнями вивчення дисципліни “Спортивна метрологія” є:
- виробити вміння у майбутнього вчителя фізичної культури, реабілітолога та тренера аналізувати результати тренувань, спортивних змагань, контрольних іспитів,

- доцільно обирати ті чи інші вправи для підвищення загальної та спеціальної фізичної підготовленості тих, що займаються спортом,

- керуючись математичними розрахунками, доводити правильність зроблених висновків під час спостереження.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти повинні:

знати:

- основні поняття та положення тем курсу;
- правила підбору групи для проведення дослідження;
- методику визначення оптимального добору засобів фізичного виховання у спортивних тренуваннях;
- способи оцінки ефективності тренувального процесу;
- способи визначення підготовленості спортсменів;
- способи визначення кращої методики тренування.

вміти:

- самостійно проводити дослідження у своєму виді спорту та виконувати самостійні завдання з курсу;
- розраховувати основні характеристики варіаційного ряду;
- робити висновки щодо підбору групи, її однорідності та однотипності;
- визначати ефективність побудови тренувального процесу, підготовки спортсменів, методики тренувань.

Метою методичних рекомендацій є систематизація теоретичного і практичного матеріалу лабораторних занять для студентів факультетів фізичного виховання, розкриття змісту й послідовності виконання завдань.

Враховуючи специфіку факультету фізичного виховання, методичні рекомендації дають можливість студентам самостійно виконати завдання до лабораторних занять.

Перелік і зміст лабораторних занять відповідає навчальній програмі дисципліни “Спортивна метрологія”, а також вимогам кредитно-модульної системи організації навчального процесу у вищих навчальних закладах.

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1. Основи курсу ”Спортивна метрологія”. Метрологічні основи теорії вимірювань і тестування у фізичному вихованні і спорті

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ №1

Тема: Визначення віку людини в день тестування

Мета: Навчитися визначати вік людини у день тестування і порівнювати його з паспортним віком

Теоретичні відомості

Немає жодної області науки й техніки, галузі господарської діяльності, де не здійснювалися б виміри фізичних величин. Важливою умовою зіставлення й об'єктивності результатів вимірів є забезпечення їхньої єдності й необхідної точності. Процес вимірів - складна й відповідальна область виробничої й науково-дослідної діяльності, що вимагає високого рівня професійної підготовки фахівців.

Слово “метрологія” в перекладі зі старогрецького означає “наука про вимірювання” (метрон - міра, логос - слово, наука).

Основним завданням загальної метрології є забезпечення єдності і точності вимірювань. Спортивна метрологія, як наукова дисципліна, є частиною загальної метрології. До її основних завдань належать: 1) Розробка нових засобів і методів вимірювань. 2) Реєстрація змін стану спортсменів під впливом різних фізичних навантажень. 3) Збір масових даних, формування систем оцінок і норм. 4) Обробка одержаних результатів вимірювань із метою організації ефективного контролю й управління навчально-тренувальним процесом.

Як навчальна дисципліна, спортивна метрологія виходить за рамки загальної метрології. Так, у фізичному вихованні і спорті крім забезпечення вимірювання фізичних величин, таких як довжина, маса та інші, підлягають вимірюванню педагогічні, психологічні, біологічні і соціальні показники, які за своїм змістом не можна назвати фізичними.

У практиці фізичного виховання і спорту проводять вимірювання в процесі систематичного контролю (перевірка чого-небудь), у ході якого реєструються різні показники змагальної і тренувальної діяльності, а також фізичний стан спортсменів. Такий контроль називають *комплексним*.

Це дає можливість установити причинно-наслідкові зв'язки між навантаженнями і результатами в змаганнях, а після зіставлення й аналізу розробити програму і план підготовки спортсменів. Але у будь-якому разі при проведенні вимірювань і подальшої оцінки отриманих результатів необхідно знати вік досліджуваного на момент тестування. Це надасть змогу провести зіставлення отриманих даних з віковими нормами і визначити рівень розвитку

того чи іншого показника, який підлягає дослідженню, виявити динаміку вікових змін показників фізичного розвитку, рухових можливостей, рівня підготовленості тієї чи іншої особи.

Порядок виконання

1. Записати дату тестування.

Наприклад: 4 вересня 2013 року.

2. Записати дату народження.

Наприклад: 15 січня 1995 року.

3. У таблиці ”Дні року в десятинній системі” на перехрещенні числа і місяця находимо значення, яке відповідає даті тестування і даті народження (див. додаток 1 табл. 1).

04.09.2013 — 674

15.01.1995 — 038

4. Отримані значення, які відповідають даті тестування і даті народження, записуємо після коми записуємо (число, знайдене в таблиці), до коми записуємо рік тестування і рік народження.

04.09.2013 — 2013,674

15.01.1995 — 1995,038

5. Для визначення віку в день тестування, знаходимо різницю між значенням, яке відповідає даті тестування і даті народження

$2013,674 - 1995,038 = 18,636 \approx 19$

Вік у день тестування – 19 років.

6. Паспортний вік – 18 років.

Висновок: паспортний вік – 18 років, а вік у день тестування – 19 років.

Завдання

1. Ознайомитися і оволодіти теоретичними відомостями з теми Основи курсу “Спортивна метрологія”. Визначення віку людини в день тестування.

2. Відповідно до прикладу, виконати самостійно завдання за особистими даними.

Питання для самоконтролю

1. Що означає слово метрологія?
2. Що вивчає Спортивна метрологія?
3. Назвіть основні завдання спортивної метрології.
4. Який контроль називається комплексним?
5. Чим характеризується фізичний стан людини?
6. Яким чином визначається вік людини на день тестування?
7. Яким чином використовувати таблицю ”Дні року в десятинній системі” в процесі визначення віку людини на день тестування?
8. З якою метою визначається вік досліджуваного на день тестування

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №2

Тема: Соматометричні і фізіометричні величини фізичного розвитку людини.

Мета: Навчитися вимірювати основні показники фізичного розвитку людини.

Теоретичні відомості

Рівень фізичного розвитку можна визначити в кожній людині незалежно від статі, віку, фізичної підготовленості, працездатності, умов життя. Безперечно, умови життя, виховання, заняття фізичними вправами по-різному впливають на рівень фізичного розвитку. У теорії і методиці фізичного виховання термін “фізичний розвиток” має два трактування: як “стан” і як “процес”.

Фізичний розвиток як процес – зміна форм і функцій організму людини під впливом умов життя і виховання або під впливом фізичних вправ.

Фізичний розвиток як стан – комплекс ознак, що характеризують морфо-функціональний стан організму, рівень фізичних якостей і здібностей, необхідних для життя і практичної діяльності.

Оцінюючи загальний рівень фізичного розвитку, частіше за все дітей розділяють на три групи: акселерати, медіанти і ретарданти.

Акселерація – прискорення біологічного дозрівання і психологічного розвитку дітей і підлітків.

Акселерати – діти із прискореним, тобто таким, що випереджає паспортний вік, розвитком і дозріванням у більш ранні терміни.

Медіанти – діти які мають середній рівень фізичного розвитку (за довжиною тіла) і відповідні йому за розміром ознаки – масу тіла й окружність грудної клітки.

Прискорення і затримка темпу фізичного розвитку має свої негативні та позитивні риси.

Прискорення росту супроводжується поліпшенням фізичного розвитку і моторики. Діти з уповільненим розвитком поповнюють групу неблагополучних із погляду здоров'я.

У акселератів частіше спостерігаються порушення гармонійності психосоціального розвитку. Акселерати частіше, ніж діти середнього і низького фізичного розвитку, хворіють.

Акселерацію необхідно враховувати при організації навчально-виховного процесу, вона повинна вести до значної зміни форм, способів і методів фізичного виховання в різні вікові періоди. Діти рано стають дорослими фізично, а рівень працездатності відстає від фізичної зрілості. Тенденція виділяти успіхи у фізичному вихованні дітей-акселератів є принципово неправильною.

Медіанти і ретарданти в більш ранні календарні терміни потенційно можуть обходити акселератів, які досягають видатних успіхів у спорті в

зрілому віці. Статеве дозрівання починається раніше в школярів, які мають високий і вище за середній рівень фізичного розвитку.

Показники фізичного розвитку характеризуються:

1. Соматометричними величинами:

- а) довжина тіла;
- б) маса тіла;
- в) окружність грудної клітки.

2. Фізиометричними величинами:

- а) ЖЄЛ (життєва ємкість легень);
- б) сила стиску кисті;
- в) станова сила.

3. Соматоскопічними величинами:

- а) розвитком кістково-м'язової системи;
- б) кровопостачання;
- в) жировідкладення;
- г) статевий розвиток;
- д) статура;
- е) постава.

Тільки керуючись сукупністю цих показників, можна визначити рівень фізичного розвитку.

Заняття фізичними вправами позитивно впливають на рівень фізичного розвитку. У людини, що займається фізичними вправами, рівень фізичного розвитку вище, ніж у людини, яка не займається.

Порядок виконання

1. Виміряти довжину тіла у положенні стоячи і сидячи (см):

- а) вимір проводити без взуття;
- б) вимір проводити від верхівки голови до підлоги, при цьому голову необхідно тримати так, щоб нижній край ока і верхній край зовнішнього слухового отвору були на одній горизонтальній лінії.

2. За допомогою терезів виміряти масу тіла (кг):

- а) до виміру терези повинні показувати нуль;
- б) вимір проводити без взуття і верхнього одягу.

3. За допомогою тканинної стрічки (сантиметра) виміряти:

3.1 Обхват грудної клітки в паузі, на вдиху, на видиху (см).

При накладенні вимірювальної стрічки руки необхідно трохи підняти, потім опустити. На спині стрічка повинна проходити під нижніми кутами лопаток, а попереду – по нижньому краю соскових кружків – у чоловіків і вище грудної залози – у жінок.

Під час вдиху – м'язи не напружувати, плечі не піднімати. Під час видиху – не сутулитися і не згинатися.

3.2 Обхват талії.

3.3 Обхват сідниць.

3.4 Обхват стегна (правого і лівого) – вимір проводити на 20 см вище колінного суглоба.

3.5 Обхват кисті (правої і лівої).

3.6 Обхват гомілки.

3.7 Обхват плеча (правого і лівого):

- при вільно опущеній руці;
- при зігнутій у ліктьовому суглобі;
- при зігнутій у ліктьовому суглобі і напруженій.

Усі виміри обхвату плеча проводяться по найбільшому обхвату.

3.8 Ширину плечей і розмір дуги спини.

Виміри проводяться між крайніми кістковими точками, що виступають над правим і лівим плечовими суглобами. Ширина плечей – попереду, розмір дуги спини – позаду.

4. За допомогою кистьового динамометра виміряти силу стиску кисті рук, правої і лівої (кг).

Вимір проводиться з вихідного положення – стійка, ноги на ширині плечей, рука відведена вбік. Виконуються два виміри, і записується кращий результат.

5. За допомогою станового динамометра виміряти станову силу (кг).

Досліджуваний стає на площадку з гачком посередині так, щоб гачок знаходився між ступнями. За гачок кріпиться ланцюг із динамометром. Ланцюг добирається такої довжини, щоб рукоятка була на рівні колін досліджуваного, рукоятка захоплюється двома руками. Тягти її слід повільно, натужуючи м'язи спини, розвиваючи максимальне зусилля. Ноги і руки – прямі.

6. За допомогою сухого спірометра визначити життєву ємкість легень (ЖЄЛ) мл.

Досліджуваний робить максимальний вдих, а потім закриває ніс, виконує максимальний повний видих у спірометр, і записує показники приладу. Проводиться три виміри, і записується кращий результат.

Завдання

1. Ознайомитися і оволодіти теоретичними відомостями з теми «Соматометричні і фізіометричні величини фізичного розвитку людини».

2. Відповідно до прикладу, виконати самостійно завдання за особистими даними. За отриманими показниками скласти таблицю (див. додаток 2 табл. 2).

Питання для самоконтролю

1. Що таке фізичний розвиток?
2. Кого відносять до акселератів, медіантів і ретардантів?
3. За якими показниками визначається фізичний розвиток людини?
4. Назвіть соматометричні і фізіометричні величини фізичного розвитку людини.
5. Як проводиться антропометрія соматометричних показників фізичного розвитку людини?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3

Тема: Оцінка фізичного розвитку людини методом індексів

Мета: Навчитися розраховувати фізичний розвиток людини методом індексів і порівнювати його з віковими нормативними стандартами.

Теоретичні відомості

Вимірюванням (у широкому значенні слова) називають встановлення відповідності між явищами, що вивчаються, з одного боку, і числами, з іншого.

Щоб результати різних вимірювань можна було порівнювати один з одним, вони повинні бути виражені в одних і тих же одиницях. В 1960 р. на Міжнародній генеральній конференції була прийнята Міжнародна система одиниць, що одержала скорочену назву СІ, охоплює сім незалежних один від одного основних одиниць, з яких виводять похідні одиниці для решти фізичних величин. Похідні одиниці визначаються на основі формул, що пов'язують між собою фізичні величини.

Наприклад, одиниця довжини (метр) і одиниця часу (секунда) - основні одиниці, а одиниця швидкості (метр за секунду [м/с]) - похідна. Сукупність вибраних основних і утворених за їхньою допомогою похідних одиниць для однієї, або декількох галузей вимірювання називається системою одиниць.

Ніяке вимірювання не можливо провести абсолютно точно. Результат вимірювання неминуче містить похибку, величина якої тим менше, чим точніше метод вимірювання і вимірювальний прилад.

Основна похибка - це похибка методу вимірювання або вимірювального приладу, яка має місце в нормальних умовах їхнього вживання.

Додаткова похибка - це похибка вимірювального приладу, викликана відхиленням умов його роботи від нормальних.

Величина $A_{абс} = A - A_{спр}$,

що дорівнює різниці між свідченням вимірювального приладу (A) і справжнім значенням вимірюваної величини ($A_{спр}$), називається абсолютною похибкою вимірювання. Вона вимірюється в тих же одиницях, що і сама вимірювана величина.

Відносна похибка - це відношення абсолютної похибки до справжнього значення вимірюваної величини:

$$A_{відн} = A_{абс} / A_{спр} \times 100 \%$$

У тих випадках, коли оцінюється не похибка вимірювання, а похибка вимірювального приладу, то замість справжнього значення вимірюваної величини обирається максимальне значення вимірюваної величини (граничне значення шкали приладу). У цьому випадку значення $A_{відн}$ визначає клас точності вимірювального приладу в нормальних умовах роботи.

Порядок виконання

1. Розрахунок оптимальної маси тіла.

Оптимальна маса тіла розраховується за формулою (див. додаток 3, таблиця 3) в залежності від віку.

Якщо обхват зап'ястя в юнаків більше 18 см, а в дівчат більше 16,5 см, то знайдені за формулою величини збільшити на 4,5 кг. При вузькій кисті (обхват зап'ястя в юнаків - 16 см і менше, у дівчат - 14 см і менше) розраховані за формулою величини зменшити на 3 кг.

2. Визначення ступеня жировідкладення.

Перевищення маси тіла в межах 1-14 % свідчить про нормальну масу тіла, в межах 15-29 % - про ожиріння 1-й ступеня, 30-49 % - про ожиріння 2-й ступеня, 50-99 % - про ожиріння 3-й ступеня і 100 % і більше - про ожиріння 4-й ступеня.

3. Розрахунок належного обхвату грудної клітки (НОГК) виконують за формулою:

для юнаків: $\text{НОГК} = 0,01 \times \text{Д} + 84,7$;

для дівчат: $\text{НОГК} = 0,16 \times \text{Д} + 62,0$;

де Д – довжина тіла, см.

4. Розрахунок екскурсії грудної клітки.

Екскурсія грудної клітки визначається як різниця між розмірами обхвату грудної клітки на вдиху і видиху.

Цей показник залежить від розвитку грудної клітки, а також від типу подиху. Розмір його в молодих здорових людей коливається від 6 до 9 см. При достатньому фізичному розвитку, зокрема, якщо багато уваги приділяється циклічним вправам, що розвивають витривалість, екскурсія грудної клітки може бути значно більшою.

5. Розрахунок масо-зростового індексу Кетле за показниками маси і довжини тіла.

Індекс Кетле (ІК) розраховується за формулою: $\text{ІК} = \text{МТ} : \text{Д}$

де МТ – маса тіла, г; Д – довжина тіла, см.

Оцінка результатів: у залежності від значення ІК, досліджуваного відносять до одного з 5 рівнів фізичного розвитку (див. додаток 3 табл. 4).

6. Розрахунок індексу фізичного розвитку (індексу Пін'є) й оцінка рівня функціональних і рухових можливостей за О. Д. Дубогай

Індекс фізичного розвитку (ІФР) розраховується за формулою:

$$\text{ІФР} = \text{Д} - (\text{МТ} + \text{ОГК}),$$

де Д – довжина тіла, см;

МТ – маса тіла, кг;

ОГК – обхват грудної клітки, см.

У залежності від отриманого значення індексу проводять оцінювання рівня функціональних і рухових можливостей досліджуваних (див. додаток 3 табл. 5).

7. Розрахунок належної життєвої ємкості легень (НЖЄЛ).

7.1 За формулою Людвіка (В.С. Язловецький, 1991)

- для юнаків $\text{НЖЄЛ} = 40 \times \text{Д} + 30 \times \text{МТ} - 4400$

- для дівчат $\text{НЖЄЛ} = 40 \times \text{Д} + 10 \times \text{МТ} - 3800$,

де Д – довжина тіла, см

МТ – маса тіла, кг

7.2 За формулою Гарріса-Бенедикта

- для юнаків: – при довжині тіла 164 см і менше: $\text{НЖЄЛ} = 4,53 \times \text{Д} - 39$;

- при довжині тіла більше 164 см: $\text{НЖЄЛ} = 10,0 \times \text{Д} - 12,85$;

- для дівчат – $\text{НЖЄЛ} = 3,75 \times \text{Д} - 3,156$,

де Д – довжина тіла, м

Величина ЖЄЛ залежить від статі, віку, розмірів тіла і стану тренуваності. Вона коливається в широких межах: у середньому в жінок від 2,5 до 4 л, а в чоловіків – 3-5,5 л. У спортсменів ЖЄЛ більше ніж у нетренованих людей. У важкоатлетів вона складає біля 4000 мл, у футболістів – 4200, у гімнастів – 4300, у плавців – 4900, у веслярів – 5500 мл і більше (А.Г. Хрипкова, 1990). У залежності від отриманого значення фактичної ЖЄЛ провести оцінку (див. додаток 3 табл. 6).

У нормі в здорових дітей і підлітків ЖЄЛ відхиляється від НЖЄЛ у межах $\pm 15\%$ (оцінюється по відношенню ФЖЄЛ (НЖЄЛ). Перевищення ЖЄЛ свідчить про високий функціональний стан легень. Зниження ЖЄЛ більше ніж на 18% може вказувати на патологію легень.

8. Розрахунок і оцінка життєвого індексу.

Життєвий індекс (ЖІ) визначається за формулою:

$$\text{ЖІ} = \text{ЖЄЛ} : \text{МТ},$$

де ЖЄЛ – життєва ємкість легень;

МТ – маса тіла.

Оцінка результатів: отримане значення ЖІ порівнюють із значеннями, які наведені в таблиці (див. додаток 3 табл. 7).

Завдання:

1. Записати вік на день тестування.

2. Розрахувати оптимальну масу тіла в залежності від віку і довжини тіла.

3. Порівняти оптимальну масу тіла з фактичною (маса тіла на день тестування), визначити ступінь жировідкладення.

4. Розрахувати належний обхват грудної клітки, і порівняти її з фактичною.

5. Розрахувати екскурсію грудної клітки, і зробити висновок про рівень фізичного розвитку.

6. Розрахувати масо-зростовий індекс Кетле за показниками маси і довжини тіла, і зробити висновок про рівень фізичного розвитку.

7. Розрахувати індекс фізичного розвитку (індекс Пінье) і оцінити рівень функціональних і рухових можливостей за О.Д. Дубогай.

8. Порівняти фактичну життєву ємкість легень із середніми значеннями за Безруких та ін. (див. додаток 3 табл. 7) і зробити висновки.

9. Розрахувати належну життєву ємкість легень за формулами:

Людвіка і Гарріса Бенедикта.

10. Порівняти належну і фактичну життєву ємність легень, зробити висновок щодо функціонального стану легень.

11. Розрахувати й оцінити життєвий індекс.

12. За отриманими показниками скласти таблицю (див. додаток 4 табл. 8).

13. За розрахованими показниками зробити загальний висновок.

Примітка:

1. Усі розрахунки проводити за своїми показниками.

2. Порівняння фактичної і належної величини проводиться за відношенням:

$\Phi:H$, де Φ – фактична величина, H – належна величина.

Наприклад: оцінити відхилення фактичної ЖЄЛ від належної.

Припустимо, що фактична ЖЄЛ (ФЖЄЛ) юнака дорівнює 3200 мл, а належна (ДЖЄЛ) - 3000 мл. Розрахуємо це відношення:

• НЖЄЛ – 100 %

ФЖЄЛ – X %

• $(\text{ФЖЄЛ} \times 100 \%):\text{ДЖЄЛ} = (3200 \times 100):3000 = 106,6(\%)$

У цьому прикладі фактична ЖЄЛ перевищує належну на 6,6 %, що свідчить про досить високий функціональний стан легень.

3. Ступінь жировідкладення визначається за пропорцією:

фактична маса тіла – X % $\frac{\text{фактична маса тіла} \times 100 \%}{\text{належна маса тіла}}$
належна маса тіла – 100 % => належна маса тіла

Наприклад: Припустимо, що фактична маса тіла юнака – 72 кг,
належна – 65 кг

Складаємо пропорцію:

• 72 кг – X %

65 кг – 100 % =>

• $(72 \times 100):65 = 110,8 (\%)$

У даному прикладі фактична маса перевищує належну на 11 %, що свідчить про нормальну масу тіла (до 14 % - у межах норми).

Питання для самоконтролю

1. Що називають вимірюванням?
2. Похибки вимірювань.
3. Як розрахувати оптимальну масу тіла?
4. Як визначити ступінь жировідкладення?
5. Як розрахувати належний обхват грудної клітки?
6. Як розрахувати масо-зростовий індекс Кетле?
7. Як проводити порівняння фактичних і належних величин?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4

Тема: Соматоскопічні розміри фізичного розвитку людини

Мета: Навчитися визначати пропорційність будови свого тіла і робити висновки щодо нормативних показників.

Теоретичні відомості

Слово **тест** у перекладі з англійського означає “проба” або “випробування”. У спортивній метрології **тестом** називають вимірювання або випробування, що проводиться з метою визначення стану, або здібностей спортсмена.

Не всі вимірювання можуть бути використані як тести, а тільки ті, що відповідають спеціальним вимогам.

Тести, які відповідають вимогам надійності та інформативності, називають добротними або аутентичними (греч. аутентико - достовірно). Процес випробувань називається тестуванням; одержане в результаті вимірювання числове значення - результатом тестування (або результатом тесту). Наприклад, біг 100 м – це тест, процедура проведення забігів і хронометражу – тестування, час забігу – результат тесту.

Тести, в основі яких лежать рухові завдання, називають руховими або моторними. Результатами їх можуть бути або рухові досягнення (час проходження дистанції, число повторень, пройдена відстань тощо), або фізіологічні і біохімічні показники.

Один і той же тест, застосований до одних, і тих же досліджуваних, повинен дати в однакових умовах однакові результати (якщо тільки не змінилися самі досліджувані). Проте найстрогіша стандартизація і застосування точної апаратури не виключають варіювання результатів тестування.

Надійністю тесту називається ступінь збігу результатів при повторному тестуванні одних і тих же людей (або інших об'єктів) в однакових умовах. Надійність тесту визначається стабільністю, узгодженістю, еквівалентністю.

Інформативність тесту - це ступінь точності, з якою він вимірює властивість (якість, здатність, характеристику тощо), для оцінки якої використовується.. Інформативність часто називають також валідністю (від англ., validity - обґрунтованість, дійсність, законність). У різних випадках одні і ті ж тести можуть мати різну інформативність.

Якщо тест використовується для визначення стану спортсмена на момент обстеження, то говорять про діагностичну інформативність тесту. Якщо ж на основі результатів тестування планують зробити висновок відносно можливих майбутніх показників спортсмена - про прогностичну інформативність.

Ступінь інформативності може характеризуватися кількісно на основі дослідницьких даних (так звана емпірична інформативність) і якісно - на основі змістовного аналізу ситуації (змістовна або логічна інформативність).

Порядок виконання

1. Розрахунок і оцінка пропорційності статури (ПС), %.

Пропорційність статури розраховується за формулою:

$$ПС = \frac{\text{Довжина тіла} - \text{ріст сидячи}}{\text{Ріст сидячи}} \times 100 \%$$

Оцінка: 87-92 % - пропорційний фізичний розвиток
 < 87 % - відносно маленька довжина ніг
 > 92 % - велика довжина ніг

2. Розрахунок і оцінка гармонійності статури.

Гармонійність статури (ГС), % розраховується за формулою:

$$ГС = \frac{ОГК}{ДТ} \times 100\%$$

де ОГК – обхват грудної клітки, см
 Д Т – довжина тіла, см

Оцінка: 5- 55 % - статура в нормі
 < 50 % - розвиток слабкий
 > 55 % - високий

3. Розрахунок і оцінка пропорційності розвитку грудної клітки.

Пропорційність грудної клітки розраховується за індексом Ерісмана (ІЕ):

$$ІЕ = ОГК - \frac{Д}{2}$$

де ОГК – обхват грудної клітки
 Д – довжина тіла

Оцінка: позитивне значення індексу свідчить про нормальну ширину грудної клітки, негативне – про вузькогрудість
 для чоловіків – норма від + 3 до + 6
 для жінок – від -5 до + 2

4. Розрахунок і оцінка стану постави (СП),%.

Стан постави розраховується за формулою:

$$СП = \frac{\text{ширина плечей}}{\text{розмір дуги спини}} \times 100 \%$$

Оцінка: 100-110 % - норма

< 90 % або 125 % - виражене порушення постави

5. Розрахунок і оцінка розвитку мускулатури плеча (МП), %.

Розвиток мускулатури плеча розраховується за формулою:

$$МП = \frac{\text{різниця обох обхватів плеча}}{\text{обхват при вільно опущеній руці}} \times 100 \%$$

де різниця обох обхватів плеча – це різниця між обхватом плеча при зігнутій у лікті і напруженій руці й обхватом при вільно опущеній руці.

Оцінка: 5-12 % - нормально розвинена мускулатура плеча
 < 5 % - недостатньо розвинена
 > 12 % - сильно розвинена

6. Визначення пропорційності статури за допомогою порівняння різноманітних обхватів (для дорослих).

6.1 Співвідношення між обхватом талії і довжиною тіла в нормі складає 45 %

$$100\% \times \frac{OT}{D} = \text{норма} 45\%,$$

де OT – обхват талії, см;

D – довжина тіла, см

6.2 Обхват шиї в 2 рази менше обхвату талії – пропорційно складена людина.

6.3 Обхват стегна в 1,5 рази більше, ніж обхват гомілки – пропорційно складена людина.

6.4 Обхват гомілки частіше дорівнює обхвату напруженого плеча у чоловіків, а у жінок – обхвату шиї – пропорційно складена людина.

6.5 Ширина плечей розвинутого чоловіка на 6-10 см ширше стегон.

Завдання:

1. Розрахувати показники пропорційності своєї статури за формулами.
2. Визначити пропорційність шляхом порівняння обхватів.
3. Зробити загальний висновок за одержаними оцінками.
4. Зробити висновок з припущенням щодо типу конституції (астенічний, нормостенічний, гиперстенічний) і пояснити його.

Примітка: Для визначення типу конституції необхідно знати їхню характеристику:

а) астеніки частіше худі, стрункі, з довгими і тонкими кінцівками, довгою і вузькою грудною кліткою; м'язи відносно слабо розвинені;

б) нормостеніки мають пропорційне співвідношення поперечних і подовжніх розмірів тіла, сильно розвинену мускулатуру;

в) гиперстеніки мають масивний тулуб, короткі ноги і широку грудну клітку.

Питання для самоконтролю

1. Що називається тестом?
2. Що називається надійністю тесту?
3. Що називається інформативністю тесту?
4. Дати поняття діагностичної і прогностичної інформативності.
5. Яким чином визначається пропорційність будови тіла?
6. Охарактеризуйте типи конституції тіла людини.

**ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2. Метрологічні основи оцінювання.
Контроль за техніко-тактичною майстерністю. Математико-
статистичні методи обробки результатів вимірювання**

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5

Тема: Метод середніх величин. Визначення вірності добору групи, яка підлягає дослідженню.

Мета: Навчитися визначати медіану, моду, середнє арифметичне значення; будувати графік залежності варіанти від частоти. Робити висновок щодо вірності добору групи, яка підлягає дослідженню, і можливості використання її у подальших дослідженнях.

Теоретичні відомості

Сучасні спортивні дослідження містять великі масиви вимірів. Такі обсяги чисел важко аналізувати. Спеціальні статистичні операції дають можливість сконцентрувати початковий кількісний матеріал, і при цьому не втрачається корисна інформація. З погляду математичної процедури, така робота зводиться до формування деяких математичних систем, основні характеристики яких дають уяву про початковий масив чисел.

Найпопулярніший метод, що дозволяє зробити такі операції - метод середніх величин. Початкова кількісна інформація при ранжируванні переходить у варіаційний ряд. Характеристики варіаційного ряду дають уявлення про початковий масив чисел. Концентрація початкового кількісного матеріалу і представлення його декількома параметрами є основою для подальших досліджень, тому що потім робота проводиться не з усім масивом чисел, а тільки з характеристиками варіаційного ряду.

Робота над методом середніх величин передбачає три основних етапи:

1. Утворення варіаційного ряду.
2. Знаходження основних характеристик варіаційного ряду:
 - 1 обсяг вибірки (N);
 - 2 середнє арифметичне значення (\bar{X});
 - 3 медіана (MeX);
 - 4 мода (MoX);
 - 5 дисперсія (σ^2);
 - 6 середнє квадратичне відхилення (σ);
 - 7 помилка середнього арифметичного значення (m);
 - 8 коефіцієнт варіації (V);
3. Практична реалізація отриманих характеристик.

Метод середніх величин дає можливість визначити середнє значення, припустимі границі досліджуваної вибірки і визначити правильність добору

досліджуваної групи, її однорідність і однотипність. Тільки правильно підібрана група, однорідна й однотипна може брати участь у подальших дослідженнях. Якщо група правильно підібрана, то результати дослідження можуть бути використані при подальшій оцінці й аналізі методики тренування, ефективності навчально-виховного процесу і т.п. Прикінцевий результат дослідження можна буде вважати результатом проведення навчально-виховної або навчально-тренувальної роботи, а не наслідком закономірної зміни фізичного розвитку, або фізичної підготовленості.

Для того, щоб скласти варіаційний ряд, необхідно виконати ранжирування варіант.

1. Ранжирування - операція розташування варіант у порядку зростання або зменшення.

2. Числа, що входять до складу ранжируваного ряду називаються варіантами, **варіанта (X_i)** - значення ознаки, що спостерігається.

3. Кожна варіанта в ранжируваному ряду зустрічається визначену кількість разів - **частота варіанти (n_i)**.

Частота варіанти - кількість варіант у ранжируваному ряду.

4. При відомій частоті варіанти та обсязі вибірки, можна за допомогою формули, розрахувати відсоток кількості повторень варіанти в ранжируваному ряду - відносну **частоту** або **частість** (V)

$$V = (n_i/N) \times 100\%,$$

де n_i - частота варіанти;

N - обсяг вибірки.

Вибірка (вибіркова сукупність) - ряд результатів, поданих випадковими числами.

Генеральна сукупність - сукупність усіх значень, які можна було б отримати для досліджуваної вибірки.

Якщо дослідження охоплена вся генеральна сукупність, то таке дослідження називається суцільним. Такі дослідження мають місце дуже рідко.

Наприклад, якщо комусь вдалося обстежити всіх найсильніших спортсменів світу в якомусь виді спорту, тобто провести суцільне дослідження (тому, що інших найсильніших спортсменів світу в досліджуваному виді спорту на момент обстеження не було), виходить, що обстежено всю генеральну сукупність. Усі наступні дослідження будуть вважатися вибірковими (наприклад, дослідження на рівні України).

Наприклад, довжина тіла студентів одного вузу факультету фізичного виховання (якщо нас цікавлять результати студентів щодо показника, який підлягає дослідженню, тільки одного вузу факультету фізичного виховання) - вибіркова сукупність. А довжина тіла студентів усіх вузів факультетів фізичного виховання України - генеральна сукупність.

5. Обсяг вибірки (N) - одна з основних характеристик варіаційного ряду, що визначається числом об'єктів спостереження або загальної кількості варіант у ранжируваному ряду, що спостерігається.

6. Варіаційний ряд - ранжируваний ряд з позначкою частоти або відносної частоти.

7. Накопичена частота (K) – визначається додаванням попередніх частот.

Накопичена частота першої варіанти в ранжируваному ряду дорівнює її ж частоті, а останньої варіанти - загальній кількості варіант досліджуваного ранжируваного ряду, тобто обсягу вибірки N

8. Медіана (\overline{MeX}) - основна характеристика варіаційного ряду. Вона визначається як середня варіанта, що розподіляє ранжируваний ряд навпіл.

У залежності від парності або непарності обсягу вибірки, медіана розраховується за формулами:

якщо обсяг вибірки непарний:

$$\overline{MeX} = X_{((N+1)/2)};$$

якщо обсяг вибірки парний:

$$\overline{MeX} = \frac{1}{2} (X_{(N/2)} + X_{((N/2)+1)})$$

9. Мода (M_{ox}) - основна характеристика варіаційного ряду, вона визначається як варіанта з найбільшою частотою.

Якщо дві варіанти ранжируваного ряду мають однакову найбільшу частоту і розташовуються поруч, то мода - середнє арифметичне значення цих двох варіант; якщо розташовані в різних місцях ранжируваного ряду, то існують дві моди, і вибірка називається бімодальною; якщо всі варіанти зустрічаються однакову кількість разів - моди не існує.

10. Середнє арифметичне значення (\overline{X}) - основна характеристика варіаційного ряду, що визначається як середній результат досліджуваної вибірки.

Середнє арифметичне значення розраховується за формулою:

$$\overline{X} = \frac{(X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n)}{N}$$

Якщо всі варіанти не повторюються, тобто зустрічаються один раз (n=1) - середнє арифметичне значення, називається незваженим.

X_1, X_2, \dots, X_n - варіанти ранжируваного ряду

X_n - остання варіанта досліджуваного ранжируваного ряду.

$$\overline{X} = \frac{\sum_{i=1}^j X_i \times n_i}{N}$$

Зважене середнє арифметичне значення, якщо не всі n=1;

\sum - знак підсумовування, i – індекс, j – кількість варіант у варіаційному ряді.

11. Графіки:
- а) залежність варіанти від її частоти;
 - б) полігон розподілу;
 - в) гістограма;
 - г) кумулята.

а) **Графік залежності варіанти від частоти** дає уявлення про нормальний закон розподілу.

Нормальний закон розподілу - закон, при якому переважну більшість варіантів зосереджено в центрі, а по мірі віддалення від центру, кількість їх поступово зменшується, зберігаючи абсолютну симетрію лівого і правого крила нормальної кривої.

Якщо результати вимірів за своїми характеристиками можуть бути віднесені до нормального розподілу, то вибір статистичного методу для аналізу результатів визначений. Це дуже важливо, оскільки для дослідження зменшується ступінь ризику використання неправильного статистичного методу аналізу.

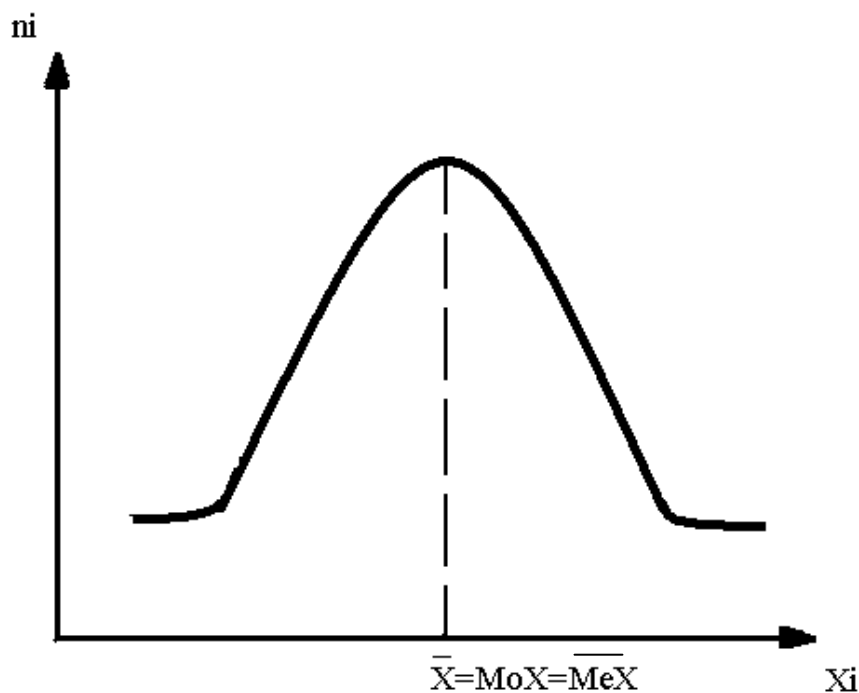


Рисунок 5.1 – Нормальний розподіл

На графіку залежності варіанти від частоти: якщо медіана, мода і середнє арифметичне значення знаходяться в одній точці, то вибірка має нормальний розподіл варіант (рис. 5.1); якщо на графіку медіана і мода розташовуються зліва від середнього арифметичного значення, то це лівостороння асиметрія (рис 5.2); якщо справа - правостороння асиметрія (рис 5.3).

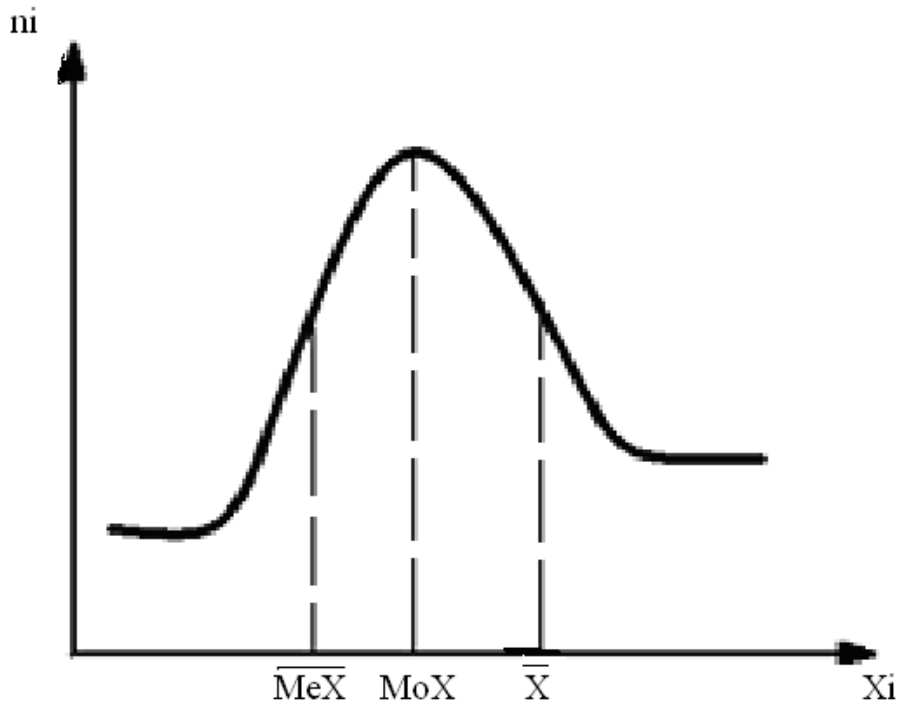


Рисунок 5.2 – лівостороння асиметрія

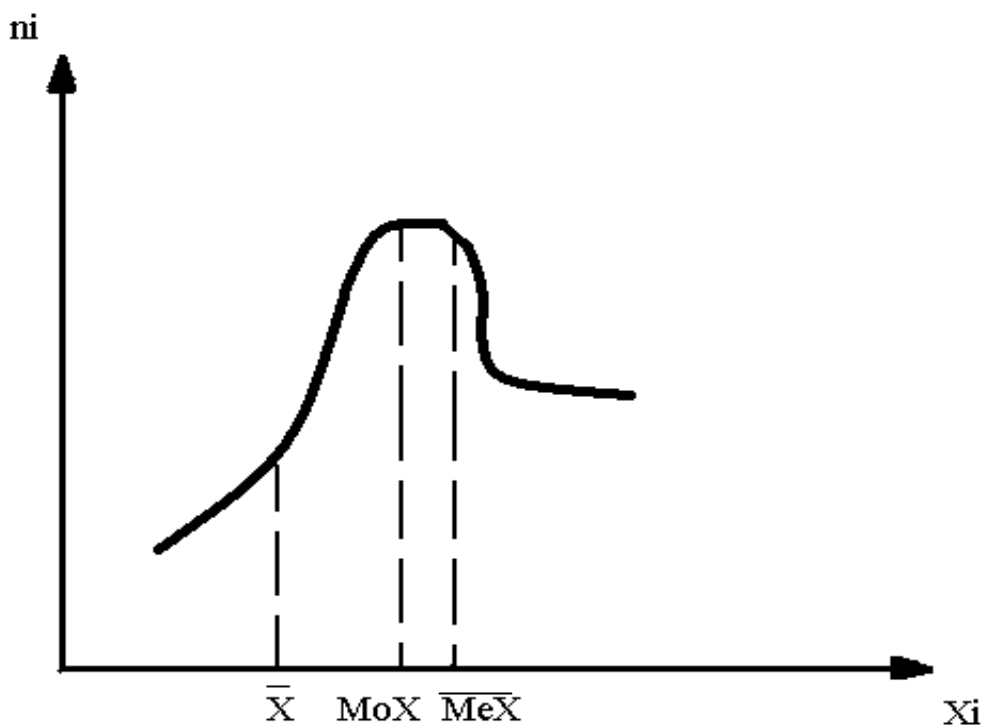


Рисунок 5.3 – правостороння асиметрія

На основі порівняння медіани, моди, середнього арифметичного значення і побудови графіка залежності варіанти від частоти можливо зробити висновок про правильний добір досліджуваної групи:

1. Якщо значення медіани, моди і середнього арифметичного значення збігаються, або незначно відрізняються, і графік залежності варіанти від частоти має форму купола, що дозволяє говорити про нормальний закон розподілу, то досліджувану групу можна вважати правильно підбраною відповідно віку, статі, фізичній підготовленості (для осіб, які не займаються спортом), або віку, статі, спеціалізації, кваліфікації (для спортсменів). Така група може брати участь у подальших дослідженнях. Результати дослідження, які були отримані при правильному доборі групи, можна буде використовувати в подальшій роботі.

2. Якщо значення медіани, моди і середнього арифметичного значення відрізняються, а графік залежності варіанти від частоти не має форму купола, і має місце лівостороння, або правостороння асиметрія (розподіл варіант не відповідає нормальному закону), то група підбрана неправильно, і не може брати участь у подальших дослідженнях. Потрібно переглянути склад групи.

Для побудови трьох останніх графіків, вибірку (всі варіанти ранжируваного ряду) розбивають на інтервали, які можна визначити на підставі кроку інтервалу / h /, що обчислюється за формулою:

$$h = \frac{X_{\max} - X_{\min}}{K}, \text{ де: } X_{\max} - \text{максимальний результат вимірів у вибірці};$$

$$X_{\min} - \text{мінімальний результат у вибірці};$$

$$K - \text{число інтервалів.}$$

Число інтервалів визначається за таблицею і залежить від обсягу вибірки.

Число інтервалів, що рекомендується, для вибірки різного обсягу

Обсяг вибірки / N /	10-20	30-50	60-90	100-200	300-400
Число інтервалів / K /	4	5-6	7	8	9

Перший інтервал визначається за допомогою додатка до першої варіанти ранжируваного ряду кроку інтервалу. І тоді початковою границею першого інтервалу буде перша варіанта ранжируваного ряду, а кінцевою - значення, отримане в результаті підсумовування першої варіанти й кроку інтервалу. Подальші інтервали визначаються шляхом додатку кроку інтервалу до кінцевої границі інтервалу. Інтервали визначаються доти, поки остання варіанта ранжируваного ряду не ввійде в інтервал.

Частота інтервалу залежить від кількості варіант які входять у даний інтервал. Накопичена частота інтервалів визначається аналогічно як і у звичайному ранжируваному ряді.

За визначеними інтервалами, частоті й накопиченій частоті будемо графіки у прямокутній системі координат:

1) Полігон розподілу - по абсцисі - середина інтервалу, по ординаті - частоти.

2) Гістограма - по абсцисі - інтервали, по ординаті - частоти.

3) Кумулята - по абсцисі - інтервали, по ординаті - накопичена частота.

Порядок виконання

Розглянемо дану тему на прикладі:

Приклад: Група з одинадцятьох спортсменів показали такі результати у підтягуванні у висі на перекладині, кількість разів: 10; 15; 14; 11; 11; 12; 13; 12; 9; 13; 12.

1. Кожен із результатів, які показали 11 спортсменів є варіанта - і 10, і 15, і 14

2. Варіанти в ранжируваному ряду записуємо в порядку зростання:
9; 10; 11; 11; 12; 12; 12; 13; 13; 14; 15

3. Обсяг вибірки $N = 11$.

4. Частота (n_i)

$n_i(9) = 1, n_i(10) = 1, n_i(11) = 2, n_i(12) = 3, n_i(13) = 2, n_i(14) = 1, n_i(15) = 1.$

5. Відносна частота (V)

$$V = (n_i/N) \times 100\%$$

$$V_9 = (1/11) \times 100\% = 9\%, \quad V_9 = V_{10} = V_{14} = V_{15} = 9\%$$

$$V_{11} = (2/11) \times 100\% = 18\%, \quad V_{11} = V_{13} = 18\%$$

$$V_{12} = (3/11) \times 100\% = 27\%$$

6. Варіаційний ряд

6.1 Варіаційний ряд з частотою (n_i)

X_i	9	10	11	12	13	14	15
n_i	1	1	2	3	2	1	1

6.2 Варіаційний ряд з відносною частотою (V)

X_i	9	10	11	12	13	14	15
$V, \%$	9	9	18	27	18	9	9

7. Накопичена частота (K)

X_i	9	10	11	12	13	14	15
K	1	2	4	7	9	10	11

8. Медіана (MeX)

У зв'язку з тим, що приведена вибірка непарна, медіану розраховуємо за формулою:

$$\overline{MeX} = X_{(N+1)/2}$$

$$\overline{MeX} = X_{(11+1)/2} = X_{(12/2)} = X_6$$

X_6 - порядковий номер (6) варіанти в ранжируваному ряду

$$X_6 = 12$$

9. Мода (MoX)

$MoX = 12$, тому, що варіанта 12 зустрічається частіше за все - 3 рази ($n_i(12) = 3$)

10. Середнє арифметичне значення (\bar{X})

Розраховуємо \bar{X} за формулою зваженого середнього арифметичного значення:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^j Xi \times ni}{N}$$

Зважене середнє арифметичне значення, якщо не всі $n_i=1$, де

\sum - знак підсумовування, i – індекс, j – кількість варіант у варіаційному ряді.

$$\bar{X} = \frac{9+10+11 \times 2+12 \times 3+13 \times 2+14+15}{11} = 12$$

У середньому кожний з 11 юнаків виконав 12 підтягувань у висі на перекладині.

11. а) Графік залежності варіанти (X_i) від частоти (n_i)

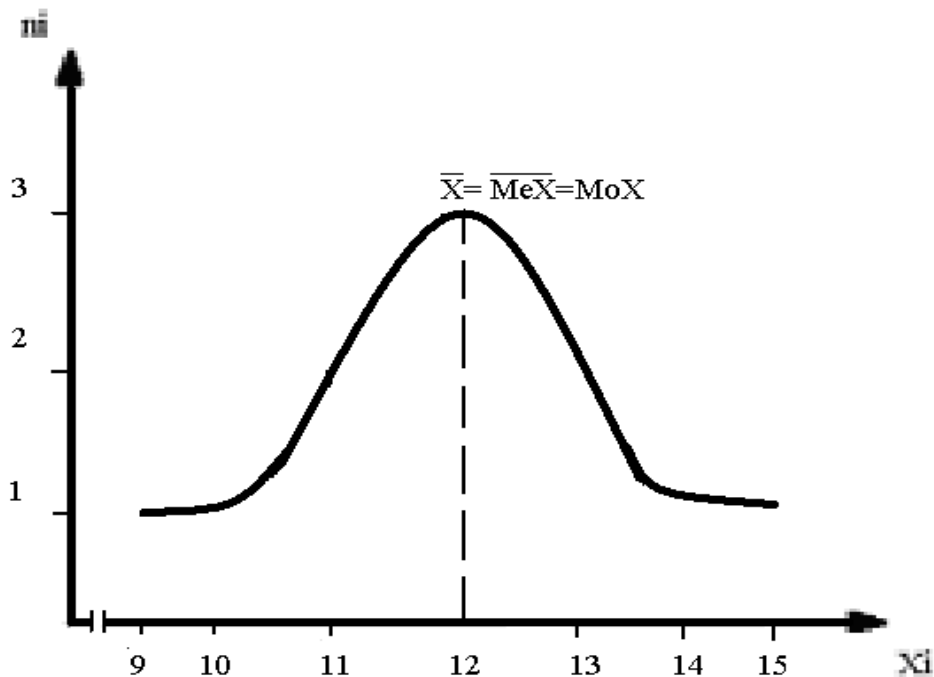


Рисунок 5.4 - Графік залежності варіанти (X_i) від частоти (n_i)

Розподіл за цим графіком відповідає нормальному закону розподілу - куполоподібний графік, значення \bar{X} , \overline{MeX} і MoX збігаються; переважне нагромадження варіант зосереджено в центрі, з віддаленням від центру кількість їх поступово зменшується, і зберігається абсолютна симетрія лівого і правого крила нормальної кривої.

Для побудови полігону розподілу, гістограми і кумуляти, необхідно визначити границі інтервалів, а для цього розраховуємо крок інтервалу:

$$h = \frac{X_{\max} - X_{\min}}{K} = \frac{15 - 9}{4} = \frac{6}{4} = 1,5$$

$K = 4$, тому, що обсяг вибірки дорівнює 12.

За допомогою кроку інтервалу, будемо границі інтервалів, визначаємо частоту і накопичену частоту.

№ інтервалу	Границі інтервалу	Частота (n_i)	Накопичена частота (K)
1	9 - 10,5	2	2
2	10,5 - 12	5	7
3	12 - 13,5	2	9
4	13,5 - 15	2	11

Наприклад, частота першого інтервалу (9 - 10,5) дорівнює 2, тому, що у цей інтервал входять варіанти (9, 10).

б) Полігон розподілу

По абсцисі - середина інтервалу, по ординаті - частота.

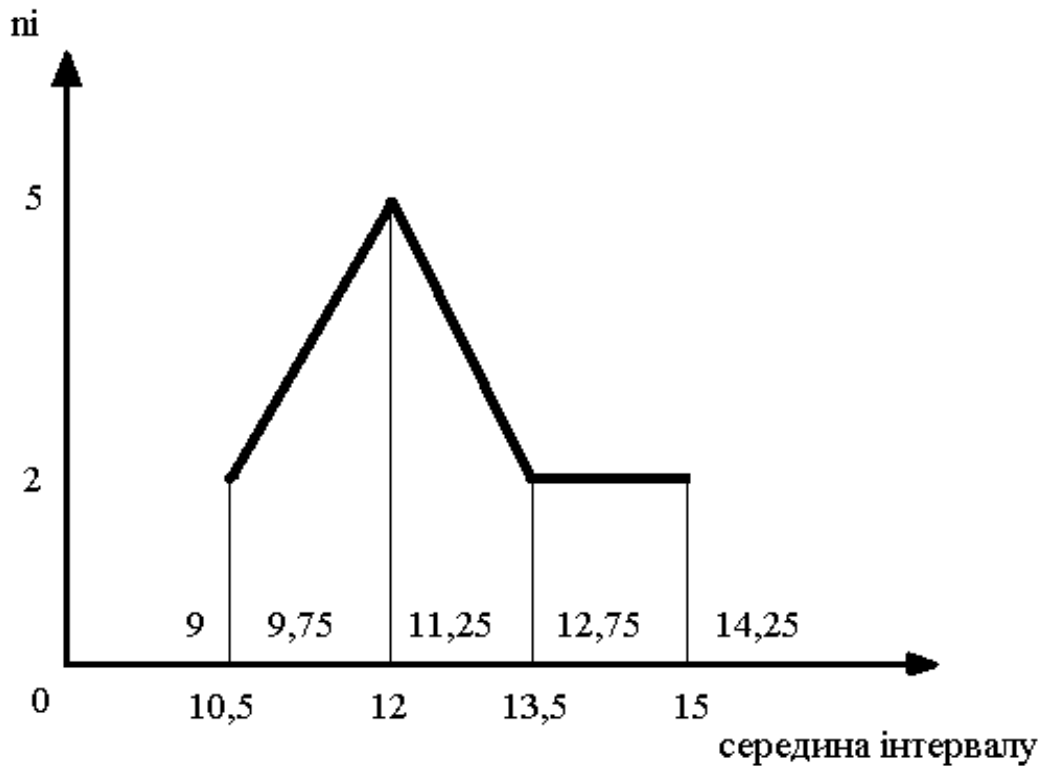


Рисунок 5.5 - Полігон розподілу

в) Гістограма

По абсцисі - інтервали, по ординаті - частоти.

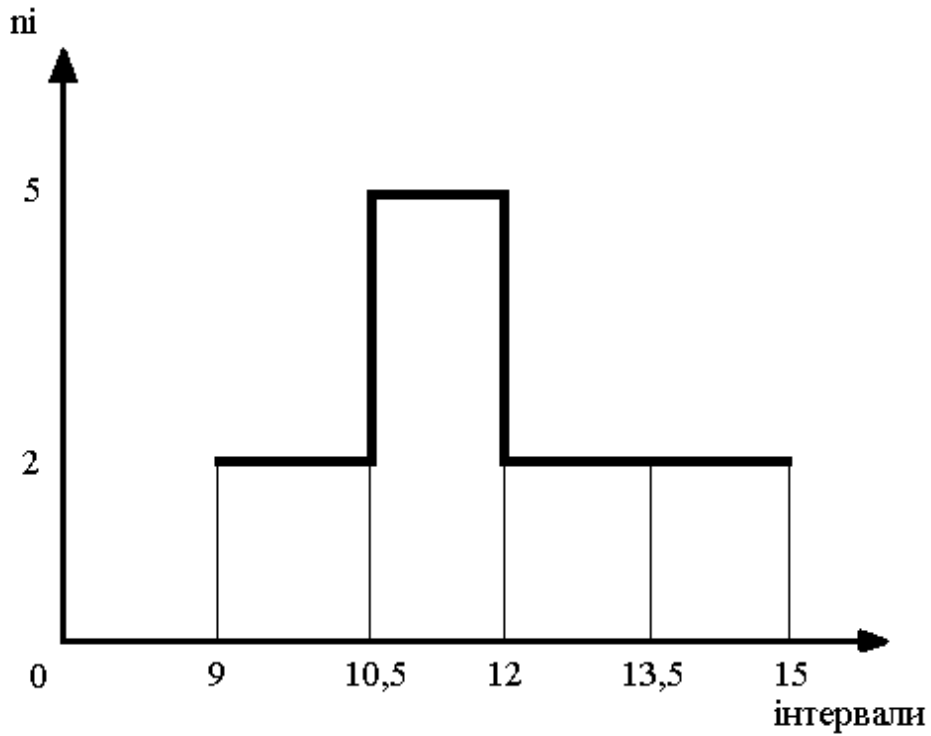


Рисунок 5.6 - Гістограма

г) Кумулята

По абсцисі - інтервали, по ординаті - накопичена частота.

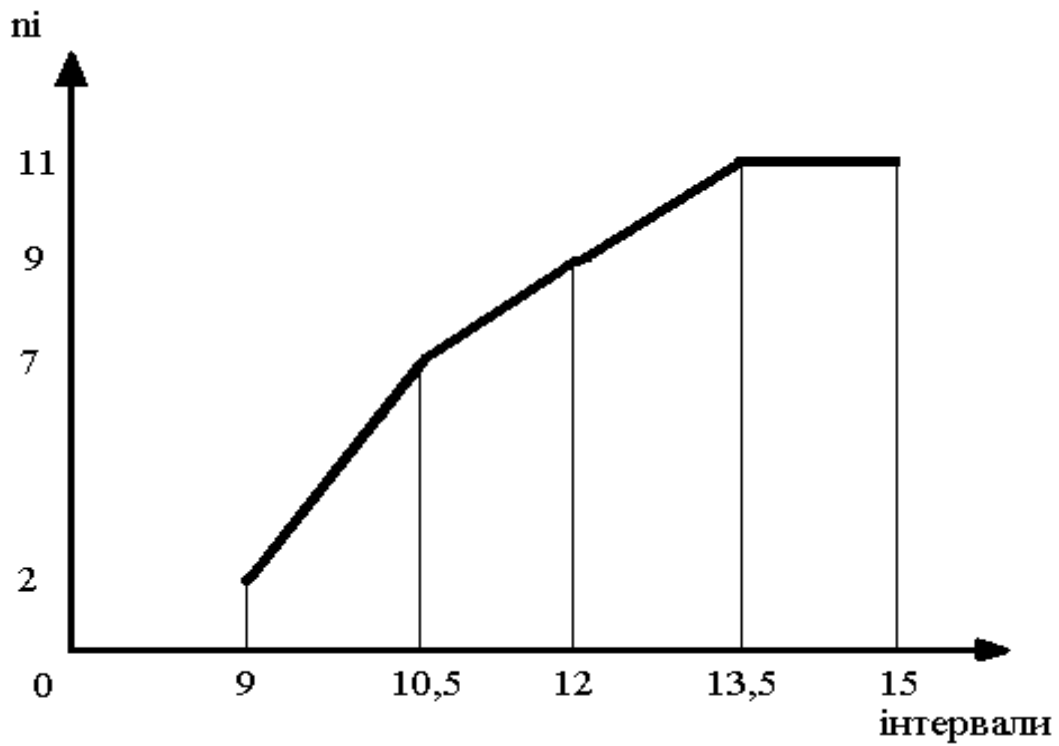


Рисунок 5.7 - Кумулята

Висновок: Група з одинадцятьох спортсменів, які виконують підтягування у висі на перекладині, підібрана правильно з урахуванням статі, спеціалізації і кваліфікації, тому, що значення \bar{X} , MeX і MoX однакові. Графік залежності варіанти від частоти відповідає нормальному закону розподілу. Група може брати участь у подальших дослідженнях.

Завдання

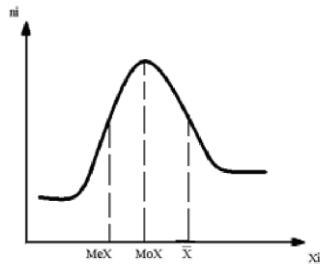
1. Ознайомитися і знати теоретичні відомості з теми “Метод середніх величин. Визначення вірності добору групи, яка підлягає дослідженню”, вміти відповісти на запитання.

2. Виконати роботу відповідно до прикладу зі свого виду спорту.

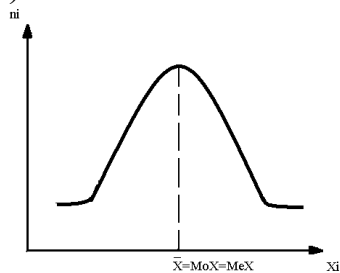
Питання для самоконтролю

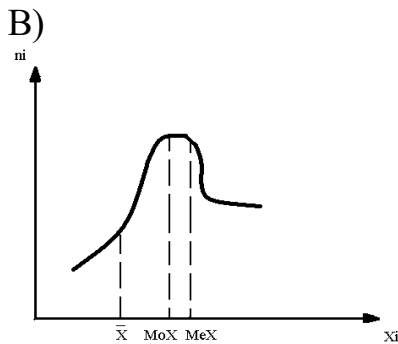
1. Яким символом позначається обсяг вибірки?
2. Як позначається варіанта?
3. Що називається ранжируванням?
4. Що називається частотою варіанти?
5. Що називається варіаційним рядом?
6. Як визначається середнє арифметичне?
7. Що характеризує медіана?
8. Що характеризує мода?
9. Який рисунок відповідає нормальному закону розподілу?

А)



Б)





ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 6

Тема: Метод середніх величин. Визначення однорідності та однотипності групи, яка підлягає дослідженню.

Мета: Навчитися розраховувати коефіцієнт варіації, і робити висновок про однорідність і однотипність групи, яка підлягає дослідженню.

Теоретичні відомості

1. Однорідність і однотипність групи визначається за коефіцієнтом варіації (V), який розраховується за формулою:

$$V = (\sigma / \bar{X}) \times 100\%,$$

де σ - середнє квадратичне відхилення;

\bar{X} - середнє арифметичне значення.

Оцінка однорідності й однотипності проводиться за коефіцієнтом варіації:

- якщо $V \leq 10\%$, то коливання результатів дослідження невелике, групу можна вважати однорідною й однотипною за своїм складом, вона може брати участь у подальших дослідженнях;

- якщо V приймає значення від 10 до 20% - середнє коливання результатів дослідження. Групу не можна вважати однорідною і однотипною, але склад такої групи можливо переглянути;

- якщо $V > 20\%$ - коливання результатів велике і така група не однорідна і не однотипна, і не може брати участь у подальших дослідженнях.

2. Середнє квадратичне відхилення (σ) - основна характеристика варіаційного ряду, яка показує відхилення від середнього арифметичного значення. Чим менше значення σ , тим група більш однорідна й однотипна. За σ можна визначити перевагу тієї або іншої методики тренування, розвитку фізичної якості, або підготовленості. За допомогою середнього квадратичного

відхилення можна записати припустимі границі для досліджуваної вибірки ($\bar{X} \pm \sigma$).

Розраховується середнє квадратичне відхилення за формулою:

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2}$$

де σ^2 - дисперсія.

3. Дисперсія показує розсіювання результатів і визначається за формулою:

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^j (X_i - \bar{X})^2 n_i}{N - 1}$$

де X_i – варіанта, \bar{X} – середнє арифметичне значення, n_i – частота варіанти, N — обсяг вибірки.

4. Помилка середнього арифметичного значення (m) або випадкова помилка вимірів виникає з причин, які можна проектувати, але не можливо заздалегідь передбачити (погодні умови; напруга в мережі, від якої працює прилад...).

У залежності від обсягу вибірки, помилка середнього арифметичного значення може бути розрахована за формулою:

$$m = \sigma / \sqrt{N}, \text{ якщо } N > 20; \text{ або } m = \sigma / \sqrt{N - 1}, \text{ якщо } N \leq 20,$$

де N - обсяг вибірки.

Порядок виконання

Розглянемо дану тему на прикладі:

Приклад: Одинадцять спортсменів у підтягуванні у висі на перекладині, кількість разів, показали такі результати: 9 10 12 14 15 11 11 12 12 13 13

Визначити, наскільки група однорідна й однотипна і чи може вона брати участь у подальших дослідженнях?

1. Ранжируваний ряд 9 10 11 11 12 12 12 13 13 14 15

2. Варіаційний ряд з указівкою частоти

X_i	9	10	11	12	13	14	15
n_i	1	1	2	3	2	1	1

3. Середнє арифметичне значення (\bar{X}).

Тому, що середнє арифметичне значення зважене, застосовуємо формулу:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^j X_i \times n_i}{N}, \text{ де}$$

\sum - знак підсумовування, i – індекс, j – кількість варіант у варіаційному ряду.

$$\bar{X} = \frac{9+10+11 \times 2+12 \times 3+13 \times 2+14+15}{11} = 12$$

$\bar{X} = 12$ – середній результат у підтягуванні у висі на поперечині для 11 спортсменів (у середньому кожний із 11 спортсменів виконав 12 підтягувань у висі на поперечині).

4. Дисперсія (D):

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^j (X_i - \bar{X})^2 n_i}{N-1}$$

4.1 Заповнюємо таблицю для розрахунку σ^2

№ п/п	X_i	n_i	$X_i - \bar{X}$	$(X_i - \bar{X})^2$	$(X_i - \bar{X})^2 \times n_i$
1	9	1	- 3	9	9
2	10	1	- 2	4	4
3	11	2	- 1	1	2
4	12	3	0	0	0
5	13	2	1	1	2
6	14	1	2	4	4
7	15	1	3	9	9
Σ		11			30

4.2 Розраховуємо σ^2 за формулою:

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^j (X_i - \bar{X})^2 n_i}{N-1}$$

$$\sigma^2 = 30 / (11-1) = 30 / 10 = 3$$

5. Середнє квадратичне відхилення (σ)

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2} \quad \sigma = \sqrt{3} = 1,73$$

6. Припустимі границі для нашої вибірки ($\bar{X} \pm \sigma$)

$12 \pm 1,73 \rightarrow [10,27 - 13,73]$ - у дані границі входить 7 результатів з 11

7. Коефіцієнт варіації (V)

$$V = (\sigma / \bar{X}) \times 100\%, \quad V = (1,73 / 12) \times 100\% = 14,4\%$$

8. Помилка середнього арифметичного значення (m).

У даному випадку помилка середнього арифметичного значення розраховується за формулою:

$$m = \sigma / \sqrt{N-1}, \text{ тому що } N < 20 (N = 11)$$

$$m = 1,73 / \sqrt{11-1} = 1,73 / \sqrt{10} = 1,73 / 3,16 = 0,55$$

Висновок: коефіцієнт варіації дорівнює 14,4% - це середнє коливання результатів. Групу не можна вважати однорідною і однотипною, але група може брати участь у подальших дослідженнях, якщо переглянути її склад.

Завдання

1. Ознайомитися і оволодіти теоретичними відомостями з теми “Метод середніх величин. Визначення однорідності та однотипності групи, яка підлягає дослідженню”.

2. Відповідно до прикладу, виконати самостійно завдання зі свого виду спорту.

Питання для самоконтролю

1. Назвіть характеристики які відображають варіацію показників?
2. Що показує середнє квадратичне відхилення?
3. За якою формулою визначається середнє квадратичне відхилення?
4. Що показує дисперсія?
5. За якою формулою визначається дисперсія?
6. За яким коефіцієнтом визначається однорідність і однотипність групи?
7. За якою формулою визначається коефіцієнт варіації?
8. Скількима відсоткам повинен дорівнювати коефіцієнт варіації, щоб група була однорідна і однотипна?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 7

Тема: Кореляційний аналіз. Оцінка залежності між двома величинами, що вимірюються.

Мета: Навчитися розраховувати коефіцієнт кореляції і досліджувати взаємозв'язок між ознаками.

Теоретичні відомості

У спортивних дослідженнях між показниками, що підлягають дослідженню, часто спостерігається взаємозв'язок. Його вид може бути різним. Розрізняють два види взаємозв'язку: функціональний і статистичний.

Функціональний взаємозв'язок - це залежність, при якій кожному значенню одного показника відповідає строго визначене значення іншого і ні якої варіації бути не може.

До другого виду взаємозв'язку належить, наприклад, залежність маси тіла від довжини тіла. Одному значенню довжини тіла може відповідати декілька

значень маси тіла і навпаки. У таких випадках, коли одному значенню одного показника відповідає декілька значень іншого показника, взаємозв'язок називається **статистичним**.

Вивченню статистичного взаємозв'язку між різними показниками у спортивних дослідженнях приділяють велику увагу, тому що це дозволяє розкрити деякі закономірності і надалі описати їх, як за допомогою слів, так і математичних знаків та формул, з метою застосування в практичній роботі тренера і педагога.

Серед статистичних взаємозв'язків найбільш важливі - кореляційні (від латинського *Correlatio* - співвідношення, відповідність).

Кореляція - вид взаємозв'язку між ознаками. Кожна ознака являє собою велику кількість однотипних показників, що варіюють.

Кореляція полягає в тому, що середня величина одного показника змінюється в залежності від середньої величини іншого.

Статистичний метод, що застосовується для дослідження взаємозв'язків, називається **кореляційним аналізом**. **Головне завдання кореляційного аналізу** - визначення форми, щільності, спрямованості досліджуваних показників. Він широко застосовується в теорії тестів для оцінки їхньої надійності й інформативності.

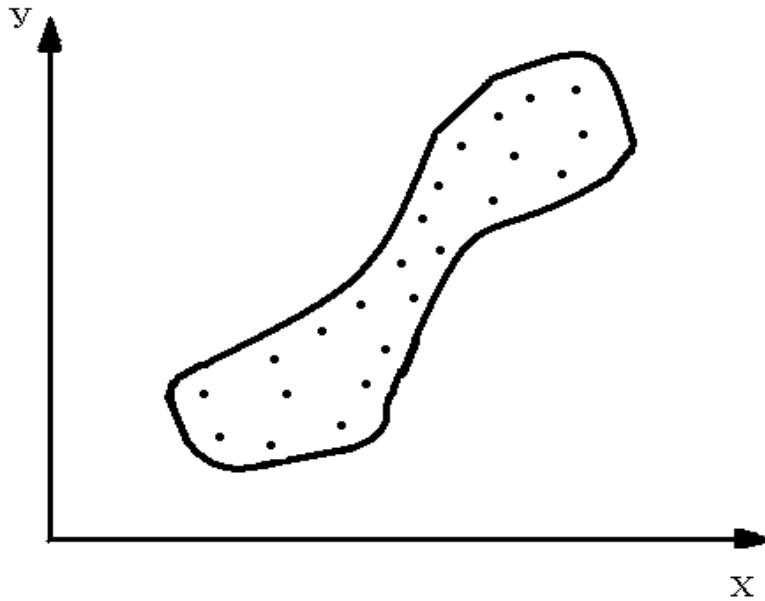
За допомогою кореляційного аналізу можна оцінити:

1. Взаємозв'язок між спортивними результатами і функціональними показниками (результат у бігу на 100 м і кількість лактату в крові);
2. Вплив спортивної діяльності на результат (результат човникового бігу 3×100 м і результат бігу на 100 м);
3. Взаємний вплив показників тренуваності (результат проходження 10×200 м і результат проходження середньої дистанції, у плаванні);
4. Надійність тесту (погодженість, стабільність);
 - 4.1 Погодженість - оцінка виступу гімнасток двома суддями;
 - 4.2 Стабільність - порівняння результатів тесту (кількість точних кидків із десятиох запропонованих у баскетболі) і ретесту - той же тест, але через рік;
5. Інформативність тесту (залежність між кількістю гребків за 30 секунд і часом проходження дистанції 100 м у плаванні).

Аналіз взаємозв'язку починається із графічного представлення результатів вимірів у прямокутній системі координат. Графічна залежність має назву **діаграма розсіювання** або **кореляційне поле**. Візуальний аналіз кореляційного поля дозволяє виявити спрямованість і форму залежності (принаймні, зробити припущення).

За кореляційним полем можна визначити спрямованість:

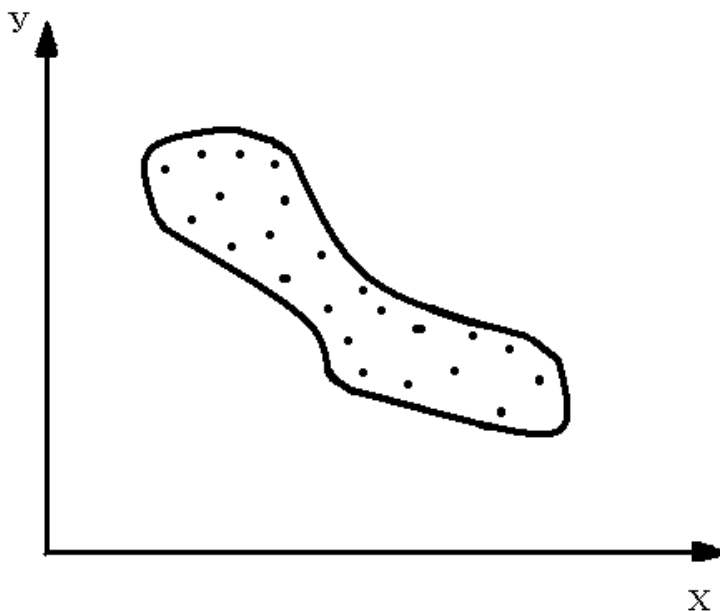
- а) пряма позитивна кореляційна статистична залежність (нахил кореляційного поля вправо)



зі зростанням
(зменшенням) першої ознаки (X_i) інший (Y_i) також зростає (зменшується)

Рисунок 7.1 - Пряма позитивна кореляційна статистична залежність

б) обернено-негативна кореляційна статистична залежність (нахил кореляційного поля вліво)



зі зростанням
першої ознаки (X_i) інший (Y_i) зменшується і навпаки, зі зменшенням першої
ознаки (X_i) інший (Y_i) зростає

Рисунок 7.2 - Обернено-негативна кореляційна статистична залежність

Якщо кореляційне поле подане колом, то залежність відсутня

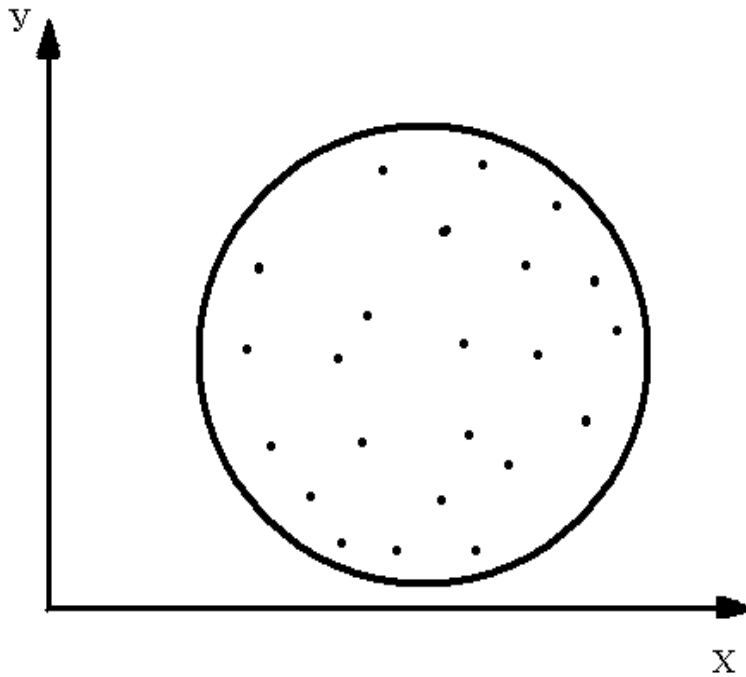


Рисунок 7.3 – Коло - залежність відсутня

Якщо кореляційне поле подане прямою лінією, то має місце функціональна залежність

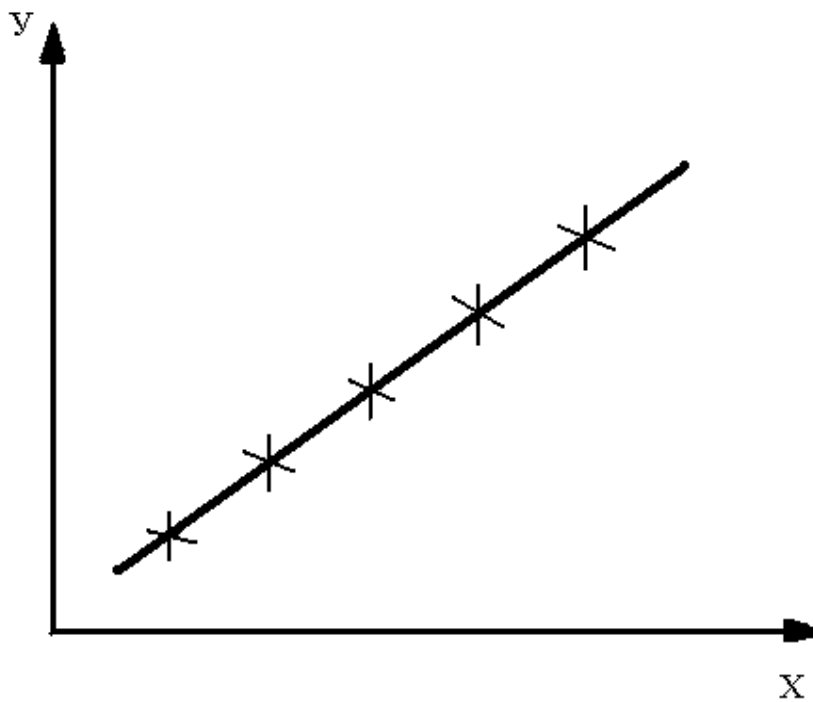


Рисунок 7.4 - Пряма лінія - функціональна залежність

Форми статистичної залежності:

1. Лінійна форма залежності - форма є близькою до звичайної геометричної фігури - еліпсу

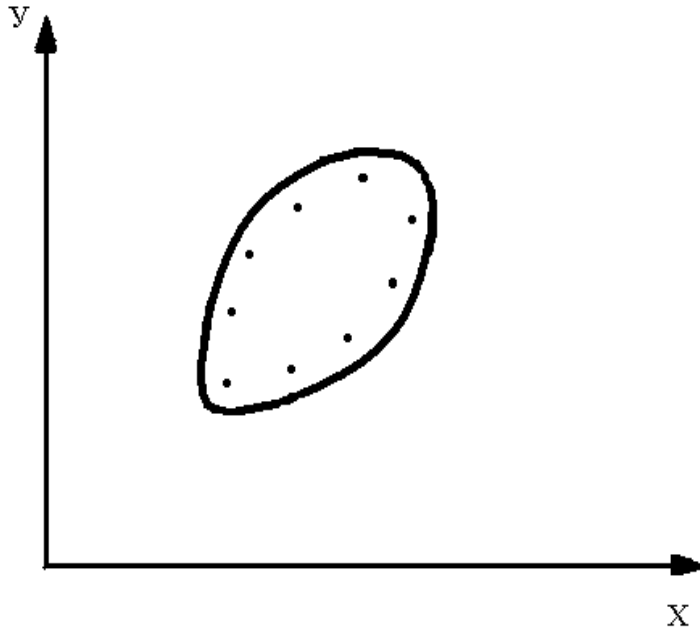


Рисунок 7.5 – Еліпс

2. Нелінійна форма залежності - будь-яка інша форма, крім еліпса.

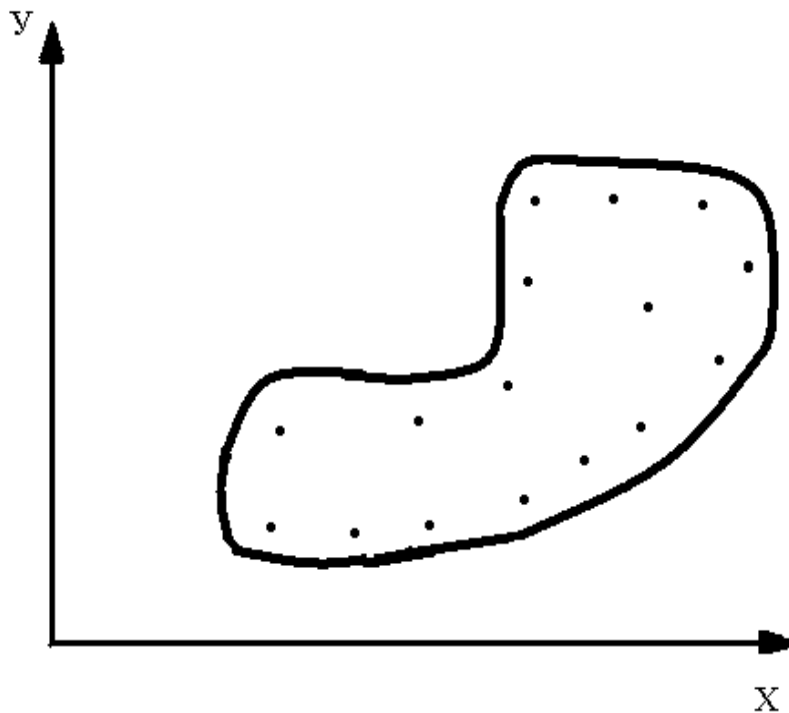


Рисунок 7.6 - Будь-яка інша форма

Отже, візуальний аналіз кореляційного поля дозволяє виявити форму статистичної залежності - лінійну або нелінійну. Це має істотне значення для наступного кроку в аналізі - вибору й обчисленні відповідного коефіцієнта кореляції.

Для більш точної оцінки кореляції, що визначається за формулою, потрібно знати форму залежності:

1. Якщо виміри проводяться за шкалою відношень або інтервалів, і форма залежності лінійна, то коефіцієнт кореляції розраховується за формулою

Браве-Пірсона (Γ_{xy}) :

$$\Gamma_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{N \times \sigma_x \times \sigma_y}$$

де

X_i й Y_i - варіанти 2-х вибірок;

\bar{X} і \bar{Y} - середнє арифметичне значення показників X_i й Y_i ;

σ_x , σ_y - середнє квадратичне відхилення;

N - число вимірів (випробуваних).

2. Якщо виміри проводяться за шкалою відношень або інтервалів, і форма залежності нелінійна, коефіцієнт кореляції (Γ) розраховується за формулою:

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

Для оцінки щільності взаємозв'язку у кореляційному аналізі застосовується значення спеціального показника - коефіцієнта кореляції (Γ_{xy}).

Абсолютне значення коефіцієнта кореляції знаходиться в межах від 0 до 1 - пряма позитивна кореляційна статистична залежність і від -1 до 0 - обернена негативна кореляційна статистична залежність:

$$-1 \leq \Gamma_{xy} \leq 1$$

Пояснюють значення цього коефіцієнта в такий спосіб:

а) $\Gamma_{xy} = 1$ зв'язок між ознаками дуже щільний (функціональний взаємозв'язок);

б) $\Gamma_{xy} = 0$ зв'язок між ознаками X_i й Y_i відсутній;

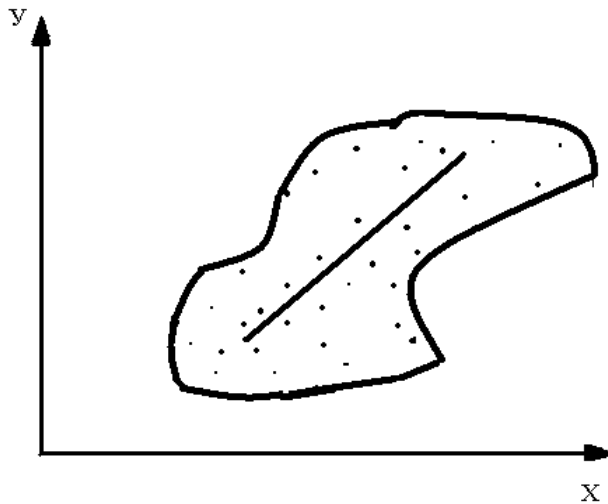
в) чим ближче значення Γ_{xy} до нуля, тим зв'язок слабкіше, чим ближче значення Γ_{xy} до одиниці - тим щільніше.

Прийнято вважати, що

- $r_{xy} = 0,2 \dots 0,49$ - слабкий зв'язок;
- $r_{xy} = 0,5 \dots 0,69$ - середній зв'язок;
- $r_{xy} = 0,7 \dots 0,99$ - тісний (сильний) зв'язок.

На кореляційному полі щільність може виглядати так:

а) якщо точки групуються вздовж якої-небудь лінії, то зв'язок є, і він тим щільніше, чим ближче вони групуються.

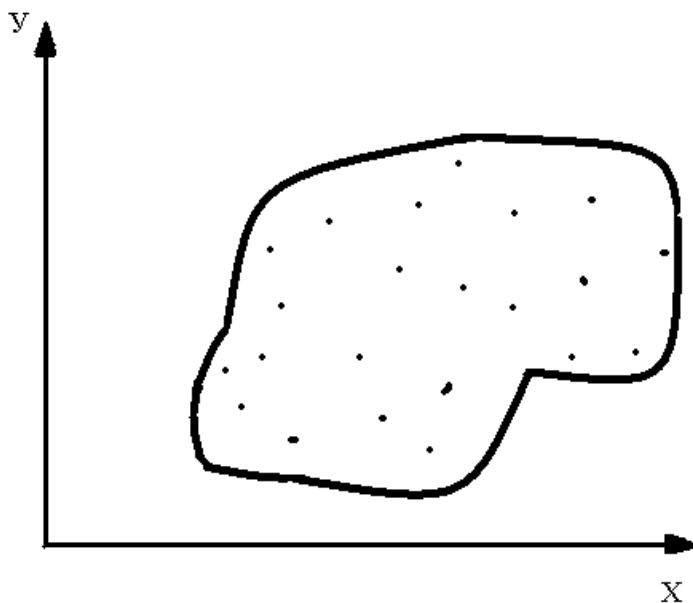


$r_{xy} = 0,89$ - сильна

кореляційна статистична залежність

Рисунок 7.7 - Тісний (сильний) зв'язок

б) якщо точки розсіяні хаотично, зв'язок між ознаками відсутній або дуже слабкий.



$r_{xy} = 0,09$ - дуже

слабка кореляційна статистична залежність;

Рисунок 7.8 - Слабкий зв'язок

Проте, варто пам'ятати, що при роботі з великою точністю, наприклад, при оцінці кореляцій спортсменів високої кваліфікації, коефіцієнт кореляції відображає щільний зв'язок, якщо він не менше 0,9.

У деяких випадках щільність взаємозв'язку визначають на підставі коефіцієнта детермінації (D), що розраховують за формулою:

$$D = r^2 \times 100 \%$$

Цей коефіцієнт визначає частину загальної варіації одного показника, що пояснюється варіацією іншого показника. Залишок відсотків варіації від ста пояснюється впливом інших чинників.

Порядок виконання

Розглянемо дану тему на прикладі:

Приклад: Чи існує залежність, і яка між результатами бігу на 60 м (X_i), сек і швидкістю їзди на велосипеді (Y_i), км/год. у 7 велосипедистів?

Чи може біг на 60 м служити тестом для цих велосипедистів на виявлення швидкості їзди на велосипеді? Наскільки сильно впливає біг 60 м на швидкість їзди на велосипеді?

$$\begin{array}{l} X_i \quad 9,0 \quad 9,1 \quad 9,1 \quad 9,3 \quad 9,5 \quad 9,5 \quad 9,6 \\ Y_i \quad 18,4 \quad 18,0 \quad 17,8 \quad 17,5 \quad 17,1 \quad 16,9 \quad 16,2 \end{array}$$

1. Обрахування середнього арифметичного значення 2-х вибірок, X_i і Y_i .

1.1 Оскільки не всі варіанти першої вибірки (X_i) зустрічаються один раз, то середнє арифметичне значення розраховуємо за формулою зваженого середнього арифметичного значення:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i \times n_i}{N} \qquad \bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^7 X_i \times n_i}{7}$$

$$\bar{X} = \frac{9,0 + 9,1 \times 2 + 9,3 + 9,5 \times 2 + 9,6}{7} = 9,3 (\text{сек})$$

$\bar{X} = 9,3$ (сек) - середній час бігу на дистанції 60 м для 7 велосипедистів.

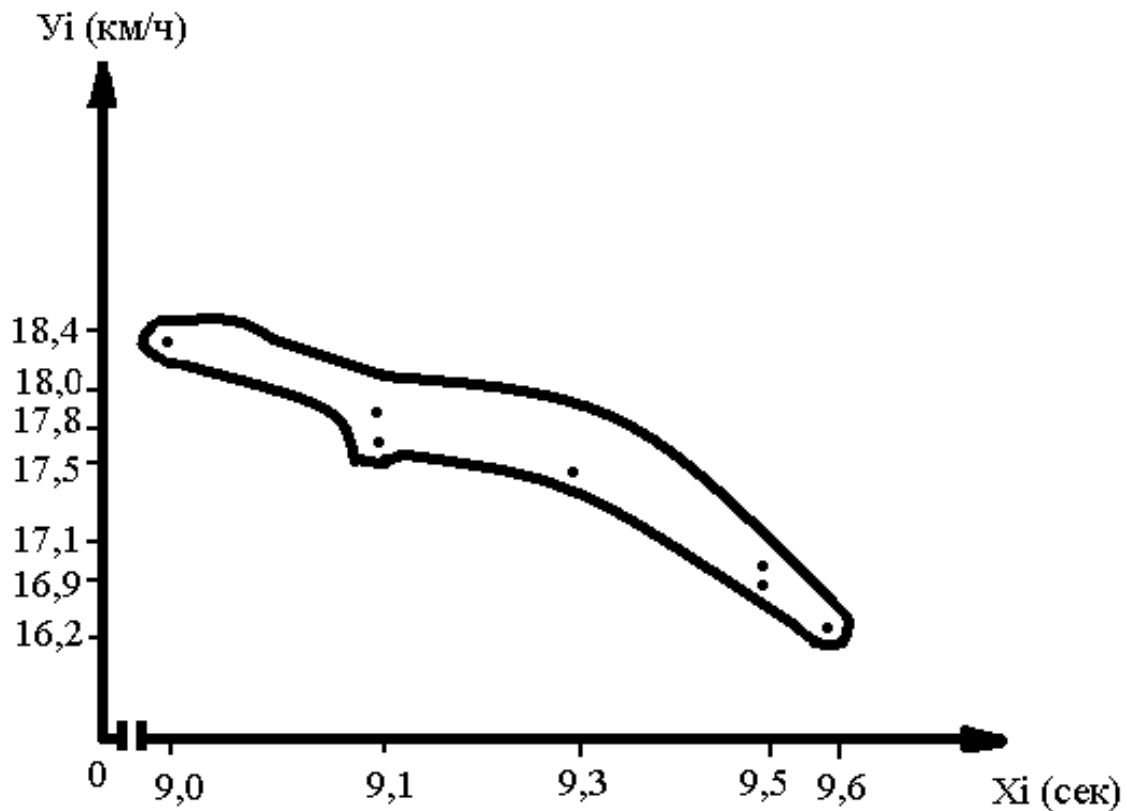
1.2 Оскільки всі варіанти другої вибірки (Y_i) не повторюються, то середнє арифметичне значення розраховуємо за формулою незваженого середнього арифметичного значення:

$$\bar{Y} = \frac{Y_1 + Y_2 + Y_3 + \dots + Y_n}{N} \qquad \bar{Y} = \frac{Y_1 + Y_2 + Y_3 + \dots + Y_7}{7}$$

$$\bar{Y} = \frac{18,4 + 18,0 + 17,8 + 17,5 + 17,1 + 16,9 + 16,2}{7} = 17,4 (\text{км/ч})$$

$\bar{Y} = 17,4$ (км/ч) - середня швидкість їзди на велосипеді для 7 велосипедистів.

2. Побудова кореляційного поля, за яким визначаємо форму і спрямованість взаємозв'язку.



Побудова кореляційного поля відповідає нелінійній формі залежності і зворотному кореляційному статистичному взаємозв'язку.

Нелінійна форма залежності - кореляційне поле подане не у формі еліпса. Обернений кореляційний статистичний взаємозв'язок - нахил кореляційного поля вліво.

3. Оскільки форма залежності не лінійна, то коефіцієнт кореляції розраховується за формулою:

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}}$$

3.1 Для подальшої роботи будемо таблицю

X_i	Y_i	$X_i - \bar{X}$	$Y_i - \bar{Y}$	$(X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})$	$(X_i - \bar{X})^2$	$(Y_i - \bar{Y})^2$
9,0	18,4	-0,3	1	-0,3	0,09	1
9,1	18,0	-0,2	0,6	-0,12	0,04	0,36
9,1	17,8	-0,2	0,4	0,08	0,04	0,16
9,3	17,5	0	0,1	0	0	0,01
9,5	17,1	0,2	-0,3	-0,06	0,04	0,09
9,5	16,9	0,2	-0,5	-0,1	0,04	0,25
9,6	16,2	0,3	-1,2	-0,36	0,09	1,44
Σ	65,1			-1,02	0,34	3,31

3.2 Коефіцієнт кореляції (r_{xy})

$r_{xy} = -0,96$ значення коефіцієнта дозволяє говорити про обернений негативний сильний кореляційний статистичний взаємозв'язок.

4. Розрахунок коефіцієнта детермінації (D)

$$D = r^2 \times 100 \%$$

$$D = (-0,96)^2 \times 100 \% = 0,9216 \times 100 \% = 92,16 \%$$

$D = 92,16 \%$ значення коефіцієнта дозволяє говорити про те, що 92 % взаємозв'язку результату бігу на 60 м і швидкістю їзди на велосипеді пояснюються їх взаємовпливом. Інша частина ($100 \% - 92 \% = 8 \%$) варіації пояснюється впливом інших неврахованих чинників.

Висновок: Розрахований коефіцієнт кореляції ($r_{xy} = -0,96$) зазначає на обернений негативний сильний кореляційний статистичний взаємозв'язок між бігом на 60 м і швидкістю їзди на велосипеді. Це означає, що зі зменшенням часу проходження дистанції 60 м, швидкість їзди на велосипеді буде зростати. Коефіцієнт детермінації дозволяє стверджувати, що на 92 % (з 100 %) швидкість їзди на велосипеді залежить від результату бігу на 60 м. Отже, біг на 60 м доцільно застосовувати в тренувальному процесі велосипедистів для збільшення швидкості їзди на велосипеді.

Завдання

1. Ознайомитися і оволодіти теоретичними відомостями з теми “Кореляційний аналіз. Оцінка залежності між двома величинами, що вимірюються”.

2. Відповідно до прикладу, виконати самостійно завдання зі свого виду спорту.

Питання для самоконтролю

1. Що таке функціональний взаємозв'язок між показниками?
1. Що таке статистичний взаємозв'язок між показниками?
2. У чому полягає зміст кореляції?
3. Яке головне завдання кореляційного аналізу?
4. Як називається графічне відображення взаємозв'язку показників?
5. Що дозволяє виявити візуальний аналіз кореляційного поля ?
6. Яку розрізняють форму залежності?
7. Яка існує спрямованість залежності між показниками?
8. Коли кореляційне поле представлене прямою лінією, то який вид залежності має місце?
9. За якою формулою розраховується коефіцієнт кореляції?
10. Як розраховують і на що вказує коефіцієнт детермінації (D)?
11. Яку розрізняють щільність взаємозв'язку між показниками?
12. У яких межах знаходиться значення коефіцієнта кореляції?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №8

Тема: Вибірковий метод. Порівняння двох середніх арифметичних за допомогою критерію Ст'юдента

Мета: Навчитися визначати критерій вірогідності, порівнювати його з табличним значенням (t гр.), робити висновок і визначати причини вірогідних і не вірогідних різниць між двома вибірковими середніми арифметичними.

Теоретичні відомості

Традиційні завдання фізичної культури і спорту склалися таким чином, що в їх основі лежать ідеї вибіркового методу. Основний зміст методу зводиться до того, що дослідженню підлягає генеральна сукупність не в повному складі, а своєю репрезентативною частиною - вибірковою сукупністю. Передбачається, що вибірка з належною вірогідністю відображає генеральну сукупність тільки у тому випадку, якщо її елементи обрані з генеральної нетенденційно.

Що стосується обсягу вибірки, то відповідно до основних положень математичної статистики, вибірка тим більш репрезентативна, чим вона повніше. У кожному конкретному випадку кількість об'єктів, що відбираються у вибірку, призначається індивідуально.

Основним завданням вибіркового методу є пошук двох показників - середнього арифметичного значення (\bar{X}) генеральної сукупності і середнього квадратичного відхилення (σ) генеральної сукупності.

У практиці спорту прийнято обирати надійність $P = 0,95$ і відповідний до неї рівень значущості $\alpha = 0,05$, які відображають основну групу досліджуваних завдань. У виняткових випадках при необхідності різко збільшити надійність розрахунків приймається $P = 0,99$ і $\alpha = 0,01$.

Велику групу завдань вибіркового методу класифікують як групу порівняльних завдань. Порівнюються дві, або більше вибіркові сукупності. При порівнянні встановлюється, належать ці вибірки до однієї і тієї ж генеральної сукупності, чи до різних. Це має значення при визначенні вірогідності різниць між двома вибірковими середніми арифметичними.

Отже, при роботі вибірковим методом у практиці фізичної культури і спорту можна знайти основні середньостатистичні показники великої групи випробуваних за допомогою вивчення малого числа їхніх представників. А також можна виявити, чи принципова різниця між кількома однотипними групами об'єктів.

За допомогою вибіркового методу математичної статистики можна **оцінити:**

1. Ефективність навчально-тренувального або навчально-виховного процесу.
2. Рівень підготовленості спортсмена або групи спортсменів.

3. Перевагу або ідентичність методики навчання рухових умінь і навичок, розвитку фізичних якостей.

4. Необхідність введення нового педагогічного чинника в навчально-виховний або навчально-тренувальний процес.

Вибірковий метод дозволяє **порівнювати**:

1. Показники спортсмена або групи спортсменів однієї спеціалізації і кваліфікації до і після серії тренувальних занять для виявлення зрушень у цих показниках.

2. Показники фізичного розвитку, фізичної підготовленості, фізичної працездатності основних систем організму у спортсменів і осіб, що не займаються спортом.

3. Показники спортсменів, які тренуються в різних умовах або за різними методиками.

Для визначення вірогідності різниці між вибірковими середніми арифметичними необхідно обробити числа обох груп, які порівнюються, способом варіаційних рядів, тобто визначити в обох групах \bar{X} - середнє арифметичне значення, σ - середнє квадратичне відхилення і m - помилку середнього арифметичного значення.

Критерієм визначення вірогідності різниць є величина, обумовлена за формулою в залежності від того, які вибірки порівнюються в процесі дослідження - пов'язані або непов'язані.

Критерій вірогідності різниць (критерій Ст'юдента - t) порівнюється із граничним (табличним) значенням $t_{гр}$, індекс визначається за спеціальною таблицею Ст'юдента для конкретної надійності і обсягу вибірки. Для визначення $t_{гр}$ за таблицею необхідно знати K (число ступенів свободи), що розраховується за формулою:

* у випадку, якщо дорівнюються обсяги вибірок а не дорівнюються середні квадратичні відхилення $N_1 = N_2$, $\sigma_1 \neq \sigma_2$, то

$$K = 2 \times N - 2$$

* у випадку, якщо не дорівнюються обсяги вибірок або дорівнюються середні квадратичні відхилення $N_1 \neq N_2$, $\sigma_1 = \sigma_2$, то

$$K = N_1 + N_2 - 2$$

При порівнянні двох вибіркових середніх арифметичних, звичайно, перевіряється припущення, що і перша, і друга вибірки належать до однієї генеральної сукупності, і, отже, значною мірою не відрізняються одна від одної (порівнюються за одним показником два спортсмени, дві групи). У такому випадку бувають відомі такі статистичні характеристики: \bar{X} , \bar{Y} , σ_x , σ_y і обсяги вибірок N_1 і N_2 .

Для відповіді на питання щодо вірогідності і не вірогідності різниць вибірок, які підлягають дослідженню, необхідно порівняти t розрахункове, і постійне граничне ($t_{гр}$).

Вибір формули для визначення критерію вірогідності (t) для непов'язаних вибірок залежить від однакових і неоднакових обсягів вибірок (N) і середніх квадратичних відхилень (σ):

1. У випадку однакових обсягів вибірок і неоднакових дисперсій:

$$N_x = N_y; \sigma_x^2 \neq \sigma_y^2$$

$$t = \frac{|\bar{X} - \bar{Y}|}{\sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2}} \times \sqrt{N}, \text{ де}$$

\bar{X}, \bar{Y} - середнє арифметичне значення першої і другої вибірки;

σ_x^2, σ_y^2 - дисперсія першої і другої вибірки;

N - обсяг вибірки

Число ступенів свободи для визначення t_{gr} , розраховується за формулою:

$$K = 2 \times N - 2$$

2. У випадку нерівних обсягів вибірок і нерівних дисперсій:

$$N_x \neq N_y; \sigma_x^2 \neq \sigma_y^2$$

$$t = \frac{|\bar{X} - \bar{Y}|}{\sqrt{\frac{\sigma_x^2}{N_x} + \frac{\sigma_y^2}{N_y}}}$$

Число ступенів свободи розраховується за формулою:

$$K = N_x + N_y - 2$$

3. У випадку нерівних обсягів вибірки і рівних дисперсій:

$$N_x \neq N_y; \sigma_x^2 = \sigma_y^2$$

$$t = \frac{|\bar{X} - \bar{Y}|}{\sigma \times \sqrt{\frac{1}{N_x} + \frac{1}{N_y}}}$$

Число ступенів свободи $K = N_x + N_y - 2$

4. Без урахування рівняння чи не рівняння обсягів вибірок та їх дисперсій, критерій вірогідності Ст'юдента для непов'язаних вибірок розраховується за формулою:

$$t = \frac{|\bar{X} - \bar{Y}|}{\sqrt{m_x^2 + m_y^2}}, \text{ де}$$

m_x, m_y - це похибка репрезентативності (або похибка середнього арифметичного значення) вибірок, які підлягають дослідженню.

Число ступенів свободи для визначення t_{gr} , розраховується за формулою:

$$K = 2 \times N - 2$$

Після того, як визначили значення t , його порівнюють із граничним значенням ($t_{гр}$). При порівнянні t і $t_{гр}$ визначається вірогідність різниць між двома вибірковими середніми арифметичними.

Якщо в результаті порівняння розрахованого за формулою t і постійного $t_{гр}$ визначиться, що $t \geq t_{гр}$ - різниця між порівнюваними вибірковими середніми арифметичними вірогідна (не випадкова), істотна і пояснюється впливом визначених чинників, а якщо $t < t_{гр}$ - не вірогідна (випадкова).

Причини вірогідних різниць:

1. Краща підготовленість одного із спортсменів або однієї із груп.
2. Одна з досліджуваних методик навчання руховим умінням і навичкам, або розвитку рухових якостей краща, найбільш ефективна.
3. Ефективно побудований навчально-тренувальний або навчально-виховний процес.
4. При застосуванні тієї ж самої методики тренування в різних умовах - причина в тому, що одні умови кращі, ніж інші.
5. При введенні в навчально-виховний або навчально-тренувальний процес нового педагогічного чинника з метою виявлення ефективності його використання - причина в ефективності застосування експериментального педагогічного чинника.

Якщо при порівнянні t розрахункового і t постійного ($t_{гр}$) з'ясується, що $t < t_{гр}$, різниця між порівнюваними вибірковими середнім арифметичними не вірогідна (випадкова) і пояснюється впливом випадкових чинників.

Причини не вірогідних різниць:

1. Неправильний добір вибірки.
2. Недостатня чисельність вибірки.
3. Однаковий рівень підготовленості обох груп, які підлягають дослідженню, або обох спортсменів.
4. Не ефективно побудований навчально-тренувальний або навчально-виховний процес.
5. У випадку порівняння двох методик навчання рухових умінь і навичок, або розвитку рухових якостей - ефект однаковий, методики ідентичні, не має значення за якою методикою працювати.
6. При введенні в навчально-тренувальний або навчально-виховний процес нового педагогічного чинника з метою виявлення ефективності його застосування - причина в негативному впливі нового педагогічного чинника на ефективність навчально-тренувального або навчально-виховного процесу.
7. У випадку застосування однієї методики в різних умовах, причина в однаковому результаті при тренування в різних умовах, немає істотних різниць, у яких умовах застосовувати досліджувану методику.

Порядок виконання

Розглянемо дану тему на прикладі:

Приклад: У двох групах плавців X_i і Y_i визначили різницю ЧСС, уд/хв., після максимально швидкого проходження дистанції та у стані спокою. Встановити, чи вірогідна різниця за показником ЧСС у плавців двох груп.

X_i	92 94 95 97 99 100	$N_x = 19$
n_i	3 4 7 2 1 2	
Y_i	98 102 103 104 105	$N_y = 17$
n_i	3 5 6 1 2	

1. Визначаємо середнє арифметичне значення 2-х вибірок

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i n_i}{N_x} \quad \bar{Y} = \frac{\sum Y_i n_i}{N_y}$$

$$\bar{X} = \frac{92 \times 3 + 94 \times 4 + 95 \times 7 + 97 \times 2 + 99 + 100 \times 2}{19} = 96 \text{ (уд/хв)}$$

$$\bar{Y} = \frac{98 \times 3 + 102 \times 5 + 103 \times 6 + 104 + 105 \times 2}{17} = 102 \text{ уд/хв}$$

2. Визначаємо дисперсії 2-х вибірок

$$\sigma^2_x = \frac{\sum (X_i - \bar{X})^2 n_i}{N_x - 1} \quad \sigma^2_y = \frac{\sum (Y_i - \bar{Y})^2 n_i}{N_y - 1}$$

Для подальшої роботи креслимо таблиці

а) Для показників першої вибірки

X_i	n_i	$X_i - \bar{X}$	$(X_i - \bar{X})^2$	$(X_i - \bar{X})^2 \times n_i$
92	3	- 4	16	48
94	4	- 2	4	16
95	7	- 1	1	7
97	2	1	1	2
99	1	3	9	9
100	2	4	16	32
\sum				114

$$\sigma^2_x = \frac{114}{19 - 1} = 6,33$$

б) Для показників другої вибірки

Y_i	n_i	$Y_i - \bar{Y}$	$(Y_i - \bar{Y})^2$	$(Y_i - \bar{Y})^2 \times n_i$
98	3	84	16	48
102	5	0	0	0
103	6	1	1	6
104	1	2	4	4
105	2	3	9	18
\sum				76

$$\sigma_y^2 = \frac{76}{17-1} = 4,75$$

$$\sigma_x^2 = 6,33$$

$$\sigma_y^2 = 4,75$$

3. Визначаємо середнє квадратичне відхилення 2-х вибірок

$$\sigma_x = \sqrt{\sigma_x^2} \quad \sigma_x = \sqrt{6,33} = 2,52$$

$$\sigma_y = \sqrt{\sigma_y^2} \quad \sigma_y = \sqrt{4,75} = 2,18$$

4. Визначаємо t за формулою:

$$t = \frac{|\bar{X} - \bar{Y}|}{\sqrt{\frac{\sigma_x^2}{N_x} + \frac{\sigma_y^2}{N_y}}}, \text{ тому що : } N_x \neq N_y \text{ і } \sigma_x^2 \neq \sigma_y^2$$

$$t = \frac{|96-102|}{\sqrt{\frac{6,33}{19} + \frac{4,75}{17}}} = \frac{|-6|}{\sqrt{0,3331+0,2794}} = \frac{6}{\sqrt{0,6125}} = \frac{6}{0,78} = 7,69$$

5. Визначаємо число ступенів свободи (K)

$$K = N_x + N_y - 2, \text{ тому що } N_x \neq N_y \text{ і } \sigma_x^2 \neq \sigma_y^2$$

$$K = 19 + 17 - 2 = 34$$

При $K = 34$, $t_{гр} = 2,03$ (дивись додаток А).

6. Порівнюємо t розрахункове і t граничне.

$t > t_{гр}$ ($7,69 > 2,03$) - різниця між двома досліджуваними групами плавців вірогідна (не випадкова).

Висновок:

Тому, що $t > t_{гр}$ ($7,69 > 2,03$) - розбіжність між двома групами плавців за показником різниці ЧСС, уд/хв., після максимально швидкого проходження дистанції та у стані спокою, вірогідна (не випадкова) і пояснюється кращим рівнем підготовленості спортсменів першої групи, тому що $\bar{X} < \bar{Y}$ ($96 < 102$).

Завдання

1. Ознайомитися і оволодіти теоретичними відомостями з теми “Вибірковий метод. Порівняння двох середніх арифметичних за допомогою критерію Ст’юдента”.

2. Відповідно до прикладу, виконати самостійно завдання зі свого виду спорту.

Питання для самоконтролю

1. До чого зводиться основний зміст вибіркового методу?
2. Яка величина є критерієм визначення вірогідності різниць?

3. Що є основним завданням вибіркового методу?
4. За якою формулою визначається критерій Ст'юдента?
5. За якою формулою визначається помилка середнього арифметичного значення?
6. Що можна оцінити за допомогою вибіркового методу математичної статистики?
7. Що дозволяє порівнювати вибірковий метод математичної статистики?
8. Яке припущення перевіряється при порівнянні двох вибіркових середніх арифметичних значень?
9. Назвіть причини вірогідних різниць між двома вибірковими середніми арифметичними.
10. Назвіть причини не вірогідних різниць між двома вибірковими середніми арифметичними.
11. При якому співвідношенні розрахованого за формулою t і постійного $t_{гр}$ критеріїв Ст'юдента різниця між порівнюваними вибірковими середніми арифметичними вірогідна (не випадкова), або не вірогідна (випадкова)?

Рекомендована література

Основна

1. Годик М.А. Спортивная метрология: Учебник для ин-тов физ. культ. / М.А. Годик. – М.: Физкультура и спорт, 1984. – 192 с.
2. Горкавий В.К. Математична статистика: Навч. посібник / В.К. Горкавий, В.В. Ярова. – К.: ВД Професіонал, 2004. – 384 с.
3. Железняк Ю.Д. Основы научно-методической деятельности в физической культуре и спорте: Учеб. пособие для студ. высш. пед. учеб. заведений / Ю.Д. Железняк, П.К. Петров. – М.: Академия, 2002. – 264 с.
4. Зациорский В.М. Основы спортивной метрологии / В.М. Зациорский – М.: Физкультура и спорт, 1979. – 152 с.
5. Костюкевич В.М. Спортивна метрологія. Навчальний посібник для студентів факультетів фізичного виховання пед. університетів / В.М.Костюкевич. – Вінниця: ДОВ "Вінниця".ВДПУ, 2001. – 183 с.
6. Начинская С.В. Математическая статистика в спорте / С.В. Начинская. – К.: Здоровья, 1978. – 136 с.
7. Начинская С.В. Основы спортивной статистики / С.В. Начинская. – К.: Высшая школа, 1987. – 189 с.
8. Платонов В.Н. Современная спортивная тренировка / В.Н.Платонов. – К.: Здоровья, 1980. – 336 с.
9. Смирнов Ю.И. Спортивная метрология. Учеб. для студ. пед. вузов / Ю.И. Смирнов, М.М. Полевщиков. – М.: Академия, 2002. – 232 с.
10. Спортивная метрология: Учебник для ин-тов физ. культ. / [под ред. В.И. Зациорского]. – М.: Физкультура и спорт, 1982. – 256 с.
11. Теория спорта: Учебник для ин-тов физ. культ./ [под ред. Проф. В.Н.Платонова]. – К.: Вища школа, 1987. – 117 с.

Додаткова

1. Бондаревский Е.Я. Информативность тестов, используемых для характеристики физической подготовленности человека / Е.Я. Бондаревский // Теория и практика физической культуры. – 1983. – № 1. – С.23-26.
2. Булкин В.А. Оперативная оценка готовности спортсменов к предстоящей тренировочной деятельности / В.А.Булкин, И.В.Иванова // Теория и практика физической культуры. – 1996. – №6. – С.40-45.
3. Годик М.А. Контроль тренировочных и соревновательных нагрузок / М.А. Годик. – М.: Физкультура и спорт, 1980. – С.81-83.
4. Коваленко С.О. Статистичний аналіз експериментальних даних за допомогою Excel. Навч. Посібник / С.О. Коваленко, А.І. Стеценко, С.М. Хоменко. – Черкаси: ЧДУ, 2002. – 114с.
5. Котешев В.Е. Системно-аналитический подход к проблеме контроля за подготовленностью спортсменов / В.Е.Котешев // Теория и практика физической культуры. – 1996. – №10. – С. 55-58.

6. Платонов В.Н. Современная спортивная тренировка / В.Н. Платонов. – К.: Здоровья, 1980. – 336 с.
7. Платонов Н.В. Теория и методика спортивной тренировки / Н.В.Платонов. – К.: Здоровья. – 1980. – 336 с.
8. Сергиенко В.И. Математическая статистика в клинических исследованиях / В.И. Сергиенко, И.Б. Бондарева. – М.: Гэотар Медицина. – 2000. – 256 с.
9. Смирнов Ю.И. Методологические основы спортивной метрологии / Ю.И. Смирнов // Теория и практика физической культуры. –1980. – №11.– С. 47-49.
10. Сологуб Е.Б. Комплексная вероятная оценка функциональной подготовленности спортсмена / Е.Б.Сологуб, И.Н. Алфимов, Д.Н. Давиденко // Теория и практика физической культуры. – 1995. – №7. – С.53-54.
11. Теория спорта: Учебник для ин-тов физ. культ./ [под ред. Проф. В.Н. Платонова]. – К.: Вища школа. Главное издат., 1987. – 117 с.
12. Урбах В.Ю. Статистический анализ в биологических и медицинских исследованиях / В.Ю. Урбах. – М.: Медицина, 1975. – 117 с.
13. Уткин В.Л. Измерения в спорте (введение в спортивную метрологию) / В.Л. Уткин. – М.: ГЦОЛИФК, 1978. – 127 с.

Таблиця 1– Дні року у десятковій системі

ДОДАТОК 1

Число	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень
1	000	085	162	247	329	414	496	581	666	748	833	915
2	003	088	164	249	332	416	499	584	668	751	836	918
3	005	090	167	252	334	419	501	586	671	753	838	921
4	008	093	170	255	337	422	504	589	674	756	841	923
5	011	096	173	258	340	425	507	592	677	759	844	926
6	014	099	175	260	342	427	510	595	679	762	847	929
7	016	101	178	263	345	430	512	597	682	764	849	932
8	019	104	181	266	348	433	515	600	685	767	852	934
9	022	107	184	268	351	436	518	603	688	770	855	937
10	025	110	186	271	353	438	521	605	690	773	858	940
11	027	112	189	274	356	441	523	608	693	775	860	942
12	030	115	192	277	359	444	526	611	696	778	863	945
13	033	118	195	279	362	447	529	614	699	781	866	948
14	036	121	197	282	364	449	532	616	701	784	868	951
15	038	123	200	285	367	452	534	619	704	786	871	953
16	041	126	203	288	370	455	537	622	707	789	874	956
17	044	129	205	290	373	458	540	625	710	792	877	959
18	047	132	208	293	375	460	542	627	712	795	879	962
19	049	134	211	296	378	463	545	630	715	797	882	964
20	052	137	214	299	381	466	548	633	718	800	885	967
21	055	140	216	301	384	468	551	636	721	803	888	970
22	058	142	219	304	386	471	553	638	723	805	890	973
23	060	145	222	307	389	474	556	641	726	808	893	975
24	063	148	225	310	392	477	559	644	729	811	896	978
25	066	151	227	312	395	479	562	647	731	814	899	981
26	068	153	230	315	397	482	564	649	734	816	901	984
27	071	156	233	318	400	485	567	652	737	819	904	986
28	074	159	236	321	403	488	570	655	740	822	907	989
29	077		238	323	405	490	573	658	742	825	910	992
30	079		241	326	408	493	575	660	745	827	912	995
31	082		244		411		578	663		830		997

Таблиця 3. – Розрахунок оптимальної маси тіла дітей і підлітків
(Д- довжина тіла, см, В- вік, років)

Вік, років	Хлопці		Дівчата
7 років	0,48Д-33,7		0,6Д-49,9
8 років	0,43Д-27,6		0,42Д-29,9
9 років	0,57Д-45,6		0,52Д-38,3
10 років	0,50Д-36,0		0,76Д-71,7
11-12 років		7В-5 /2	
15 років	0,60Д-47,4		0,95Д-100,1
16 років	0,89Д-91,9		0,76Д-66,8
17 років	0,68Д-55,5		0,61Д-42,2
18 років	0,72Д-58,8		0,34Д+4,0

Таблиця 4. - Оцінка рівня фізичного розвитку за індексом Кетле

Індекс Кетле			Рівень фізичного розвитку
6-9 лет	10-14 лет	15-18 лет	
≤ 194,9	≤ 220,0	≤ 325,0	Низький
195,0-219,9	220,1-265,0	325,1-350,0	Нижче середнього
220,0-236,9	265,1-315,0	350,1-375,0	Середній
237,0-259,9	315,1-360,0	375,1-400,0	Вище середнього
≥ 260,0	≥ 360	≥ 400	Високий

Таблиця 5.— Рівень функціональних і рухових можливостей досліджуваних.

Значення	Рівень функціональних і рухових можливостей
Менше 23,1	Низький
23,1-31,9	Нижче середнього
32,0-37,9	Середній
38,0-42,8	Вище середнього
Більш 42,9	Високий

Таблиця 6. – Середня величина життєвої ємкості легень
(за Безруких та ін.,2002)

Стать	Вік, років								
	4	5	6	7	8	10	12	15	17
Хлопці	1200	1200	1200	1400	1400	1630	1975	2600	3520
Дівчата	900	1000	1100	1200	1360	1460	1905	2530	2760

Таблиця 7.— Оцінка життєвого індексу дітей, підлітків і юнаків

Вік, років	Стать	
	Чоловіча	Жіноча
7-10	51-55	46-49
11-13	40-53	42-46
14-15	53-57	46-51
17-18	55-63	48-55

Таблиця 8. – Показники фізичного розвитку

№ п/п	Показники фізичного розвитку	Формула	Значення	Оцінка
1.	Фактична вага тіла, кг	—		
2.	Довжина тіла, см	--		
3.	Оптимальний маса тіла, кг	у залежності від віку, статі і довжини тіла		
4.	Ступінь жировідкладення, %	--		
5.	Фактична окружність грудної клітки, см	—		
6.	Належна окружність грудної клітки	у залежності від статі і довжини тіла		
7.	Окружність грудної клітки (фактична), см			
7.1	На вдиху (ОГК вдих)	—		
7.2	На видиху (ОГК видих)	—		
8.	Експурсія грудної клітки (ЕГК), см	ЕГК=ОГКвд.– ГКвид.		
9.	Індекс Кетле	ІК= МТ:Д		
10.	Індекс фізичного розвитку за О.Д. Дубогай	ІФР= Д – (МТ+ОГК)		
11.	Фактична ЖЄЛ			
11.1	За формулою Людвика	у залежності від статі, довжини і маси тіла		
11.2	За формулою Гариса Бенедикта			
12.	Життєвий індекс	ЖІ= ЖЄЛ:МТ		

Таблиця граничних значень критерію Ст'юдента

Надійність $P=0.95$, K - число ступенів свободи

K	$t_{\alpha/2}$	K	$t_{\alpha/2}$
1	12,71	18	2,10
2	4,30	19	2,09
3	3,18	20	2,09
4	2,78	21	2,08
5	2,57	22	2,07
6	2,45	23	2,07
7	2,36	24	2,06
8	2,31	25	2,06
9	2,26	26	2,06
10	2,21	27	2,10
11	2,20	28	2,05
12	2,18	29	2,05
13	2,16	30	2,04
14	2,14	40	2,02
15	2,13	60	2,00
16	2,12	120	1,98
17	2,11	∞	1,96

Навчально-методичне видання
(українською мовою)

Соколова Ольга Валентинівна

СПОРТИВНА МЕТРОЛОГІЯ

Методичні рекомендації
до лабораторних занять для студентів
освітньо-кваліфікаційного рівня “бакалавр”
напрямів підготовки “Фізичне виховання”, “Спорт”,
“Здоров’я людини”

Рецензент *М.В. Маліков*
Відповідальний за випуск *А.П. Конох*
Коректор *С.Б. Парій*