*Лекція № 12*

*Тема:* **Дослідження складу маси тіла**

***1.* *Компонентний склад маси тіла людини***

У клінічній, профілактичній та спортивній медицині важливе значення має моніторинг складу маси тіла людини. Знання композиційних показників складу тіла уточнює уявлення про фізичний розвиток людини, рівень функціонального стану органів, їх систем і організму в цілому. Результати численних робіт свідчать, що склад тіла має суттєвий взаємозв'язок із показниками фізичної працездатності людини, з її адаптацією до умов зовнішнього середовища, а також із професійною та спортивною діяльністю. Вивчення складу тіла відіграє ключову роль в діагностиці метаболічного синдрому, ожиріння, остеопорозу, зневоднення тощо і дозволяє з високою точністю прогнозувати ризик їх розвитку.

Щоб правильно оцінити зміни складу маси тіла, треба знати склад тканин. До *біологічно активної маси тіла* відносять клітинну воду (рідина), всі білки і всі мінеральні солі в клітинах і в позаклітинній рідині (тобто поза скелетом). До *малоактивної маси тіла* відносять жир, кісткові мінеральні солі і позаклітинну воду тіла.

Зручним засобом структурування знань про **склад тіла людини** служать *моделі складу тіла*. Традиційно використовують двох-, трьох- та чотирьохкомпонентні моделі.

У *двохкомпонентній моделі* масу тіла (МТ) розглядають як суму двох складових: жирової маси тіла (ЖМТ) і безжирової маси тіла (БМТ).

Під **жировою масою тіла** розуміють масу всіх ліпідів в організмі. Жирову тканину вважають біологічно малоактивною. ЖМТ є найбільш лабільним компонентом складу тіла людини, її вміст може змінюватися в широких межах – від 6 до 60% маси тіла. У момент народження процентний вміст жиру в організмі становить 10-15% маси тіла незалежно від статі, до 6 місяців він збільшується приблизно до 30% і потім поступово знижується. До 5-6 років у людини починають формуватися статеві відмінності у розвитку жировідкладення з відповідними змінами форми тіла. Надалі з віком абсолютна жирова маса продовжує стійко зростати. Темп збільшення жирової маси становить в середньому 0,37 і 0,41 кг/рік у чоловіків і жінок, відповідно. Зазначені залежності змін ЖМТ від віку у дорослих людей носить нелінійний характер. У чоловіків середньо популяційне значення ЖМТ досягає максимуму до 40-50 років з тенденцією до подальшого зменшення. У жінок спостерігають двохстадійне збільшення абсолютної жирової маси: перша стадія завершується до 40 років фазою відносної стабілізації, подальше зростання відбувається, починаючи з 60 років.

Переважне *накопичення підшкірного жиру* у чоловіків зазвичай відбувається у верхній частині тулуба (андроідний тип жировідкладення), а у жінок - в області стегон і сідниць (гіноідний тип). У випадку, якщо топографія підшкірного жировідкладення індивіда демонструє варіант, характерний для протилежної статі, то підвищується ризик розвитку ряду захворювань. Андроідний тип жировідкладення як у чоловіків, так і у жінок частіше асоціюється з метаболічними факторами ризику діабету і серцево-судинних захворювань, такими як збільшений вміст кортизолу, холестерину, підвищений тиск та інсулінова резистентність, а також з поведінковими і психосоціальними факторами ризику, такими як низька фізична активність, куріння, прийом алкоголю і депресивні стани.

Поряд із підшкірною жировою тканиною, важливе патофізіологічне значення має *відкладення внутрішнього (вісцерального) жиру*, який оточує життєво важливі органи в черевній порожнині.

Дослідження показали, що навіть якщо вага людини і вміст жиру залишаються постійними, з віком розподіл жиру в організмі змінюється, жир має тенденцію накопичуватися в просторах між внутрішніми органами живота. Встановлено, що ризик метаболічних порушень набагато вище при переважному накопиченні внутрішнього, а не підшкірного жиру. Вісцеральний жир акумулює гормони, зменшує чутливість тканин до інсуліну і таким чином може викликати діабет і різні проблеми зі здоров'ям. Показники вмісту вісцерального жиру в організмі допомагають передбачити ризики серцево-судинних захворювань.

Маса тіла за винятком жиру має назву **безжирової маси тіла**. Компонентами БМТ є загальна вода організму, м'язова маса, маса скелета і інші складові. У порівнянні з ЖМТ, індивідуальні вікові зміни БМТ носять більш стійкий характер і знаходяться під більш жорстким генетичним контролем. БМТ збільшується в період росту організму, відносно стабільна в зрілому віці та може знижуватися в процесі старіння. У період статевого дозрівання наростання м'язової та скелетної маси відбуваються більш швидшими темпами у хлопчиків, ніж у дівчаток, але у процесі старіння БМТ у чоловіків зазвичай знижується швидше, ніж у жінок.

З метою більш точної оцінки складу тіла використовують трьох- і чотирьохкомпонентні моделі, засновані на додаткових вимірюваннях однієї або двох складових БМТ, відповідно. У *трикомпонентній моделі складу тіла* безжирова маса тіла представлена як сума **загальної води організму** (ЗВО) і **клітинної маси тіла** (КМТ). Зміни БМТ і КМТ високо корельовані, хоча ця залежність КМТ/БМТ зменшується з віком в результаті часткового заміщення метаболічно активних тканин інертними компонентами, такими як позаклітинна рідина і сполучна тканина. БМТ і КМТ знижуються внаслідок голодування (виснаження), хвороб (кахексія) і при старінні (саркопенія). Зменшення БМТ до 40% від норми вважається несумісним з життям.

У хворих із порушеним водним балансом в організмі або зміненою мінеральною масою тіла (кісткова маса - КМ) трикомпонентна модель може призвести до значної похибки визначення %ЖМТ. В цьому випадку використовують *чотирьох-компонентну модель складу тіла* з одночасною оцінкою вмісту води в організмі та мінеральної і білкової маси тіла.

Для кількісної оцінки вмісту метаболічно активних тканин в організмі оцінюють величину мас скелетно-м'язової тканини і внутрішніх органів. Величину відношення **активної клітинної маси** (%АКМ) до **худої маси** використовують в спортивній медицині як корелят фізичної працездатності спортсменів. У клінічній практиці відношення АКМ/ХМ застосовують для оцінки достатності білкового харчування та ступеня гіподинамії. У кількісному відношенні основною складовою АКМ є **скелетно-м'язова маса** (СММ), оцінку якої використовують поряд з антропометричними даними для характеристики фізичного розвитку і оцінки резерву здоров'я. Норма м'язової маси тіла (ММТ) у відсотках для чоловіків і жінок різна. Так, для жінки норма - 35% від всієї маси тіла, а норма для чоловіка трохи вище і становить близько 43%.

**Загальна вода організму** (ЗВО) являє собою найбільший за масою компонент складу тіла. У нормі загальна вода організму становить близько 45-60% всієї маси тіла у жінок і 50-65% - у чоловіків. Процентний вміст води в організмі у дітей і підлітків збільшується в ході розвитку, стабільний у дорослих людей і знижується до старості.

Основний внесок у вікові зміни загальної гідратації організму вносить процентний вміст слабо гідратованої жирової тканини. При цьому чим більше вміст жирового компонента, тим менше вміст води. І, навпаки, чим вищий відсоток активної маси тіла, тим більше в ньому вміст води. Оскільки у жінок жирової маси більше, ніж у чоловіків (28% і 18% відповідно), у них і води на 5-10% менше ніж у чоловіків.

На відміну від загальної гідратації тіла, гідратація безжирової маси характеризується вузькими межами мінливості та являє собою інваріант складу тіла. У новонароджених гідратація БМТ становить близько 80% і в подальшому до 10-15 років поступово знижується приблизно до 73%. Ці зміни супроводжуються збільшенням відносного вмісту білків і мінералів в БМТ зі збільшенням щільності БМТ. Зазвичай приймається, що вміст води в БМТ у здорових дорослих людей становить 73,2%, але це значення є результатом усереднення по слабо гідратованим (скелет, шкіра) та сильно гідратованим тканинам, таким як скелетні м'язи і внутрішні органи (в печінці, селезінці, вода становить 70-80%, головному мозку - 85%). Цю воду прийнято ділити на внутрішньоклітинну і позаклітинну. Внутрішньоклітинна рідина становить 40-50%, а позаклітинна - 20-30% від маси тіла. При цьому величина клітинної гідратації різних органів і тканин варіює. Наприклад, у еритроцитів вона відносно низька і становить 65-68%. Клітини скелетних м'язів, сумарна маса яких становить до 2/3 КМТ, характеризуються значеннями гідратації 71-72%. Прийнято вважати, що природна варіація клітинної гідратації становить 1% від нормальних значень, тобто 69-70%. Позаклітинна рідина опосередковує процеси газообміну, переносу поживних речовин і виведення кінцевих продуктів метаболізму. Позаклітинна рідина доводиться на лімфу, плазму крові, синовіальну, церебральну рідину, рідину серозних оболонок і рідин третього простору (шлунковий сік, рідкі фракції вмісту кишечника, сеча). Позаклітинна рідина складається з води, містить протеїни і мінерали, причому частка води становить 94% обсягу плазми крові і 99% об’єму інтерстиціальної рідини. При зневодненні (дегідратації) відбувається згущення крові і виникають мікротромби. Недостача лише 5% води призводе до головного болю, поганого самопочуття, спаду енергії, апатії, депресії. Нестача 10% води призводе до проблем з нирками, можуть виникати болі в суглобах, хребті, підвищуватися тиск. Нестача 15% води створює ризик інсульту та інфаркту. При нестачі 20% води організм людини втрачає життєздатність. Тому небезпечно обмежувати себе в прийомі рідини при відвідуванні сауни (лазні), при тренуваннях (особливо під час змагань) в жаркому і вологому кліматі, так як вода регулює тепловий баланс в спокої і при м'язовій діяльності. Таким чином, показник процентного вмісту загальної води в організмі є дуже важливий, оскільки саме він свідчить про якість функціонування клітини і дозволяє робити висновки і давати рекомендації, як по фізичному навантаженню, так і з питного режиму.

За кількісним вмістом води в організмі можна визначити *стан водного обміну (балансу)*. Вода надходить в організм у вигляді рідини (48%) і в складі їжі (40%), решта утворюються в процесі метаболізму речовин (12%). Виділяється вода з організму в основному нирками із сечею (56%), легенями при диханні (20%), шкірою із потом (20%) і кишечником із калом (4%).

***2.******Метод біоелектричного імпедансного аналізу складу тіла***

*Маса тіла* - показник, що відображає і обумовлює рівень здоров'я. Однак, показник маси тіла вважається недостатньо інформативним (особливо при динамічних спостереженнях), так як при одній і тій же масі тіла можуть істотно відрізнятися складові її компоненти. *Індекс маси тіла* у більшості дорослих людей тісно корелює із вмістом жирової тканини, але склад тіла може істотно відрізнятися у людей з однаковими величинами ІМТ. При цьому кількісні характеристики показників складу тіла у одного пацієнта можуть бути в межах норми, а в іншого - відхилені від належних значень, навіть при нормальній величині ІМТ. З цих позицій цілком очевидно, що вимірювання тільки ваги та зросту і розрахунок індексів виявляються недостатніми, оскільки вони не відображають склад маси тіла, динаміку якого важливо визначати для оцінки ефективності реабілітаційних програм, спрямованих на корекцію композиції тіла, а саме, зменшення жирової та збільшення м'язової маси. Для цих цілей в клінічній практиці застосовують більш інформативні інструментально-аналітичні методи оцінки складу тіла.

Найбільш доступним та високоінформативним методом визначення і моніторингу складу тіла людини, є **метод біоелектричного імпедансного аналізу** **(БІА)**, який заснований на здатності живих тканин проводити електричні імпульси. Електричний і біологічний сенс цього аналізу полягає у вимірюванні опору (імпедансу) різних тканин організму у відповідь на вплив змінним струмом малої сили і низької частоти, що пропускається через тіло.

Показники питомого електричного опору м'язової, кісткової, жирової та інших тканин організму при дії слабкого струму істотно відрізняються один від одного. Так, рідини добре проводять струм, через м'язові тканини сигнал проходить повільніше ніж через кров і лімфу, але значно швидше ніж через жирові відкладення, оскільки в м'язах міститься 70-75% води, в той час як в жировій тканині води практично немає. З метою вимірювання імпедансу різних тканин всього тіла застосовують метод інтегрального БІА, або проводять вимірювання опору різних тканин окремих сегментів тіла.

На сьогоднішній день в світі налічується близько 85 різних моделей *біоімпедансних приладів*, більшість з яких - одночастотні аналізатори, що застосовують в спортивно-оздоровчій медицині для контролю жирової і скелетно-м'язової маси тіла. Двочастотні і багаточастотні біоімпедансні аналізатори застосовують в основному в клінічній медицині і наукових дослідженнях. Пристрої відрізняються по набору частот змінного струму, по вимірюваним показникам, рекомендованим схемам накладення електродів і вбудованим формулами для визначення складу тіла. Електродна система аналізатора може складатися із 4, 8, 10 або 12 електродів, відповідно, для інтегрального (класичного), 5-сегментного (тулуб, руки, ноги), 7-сегментного (голова, торакальна та абдомінальна області, стегна, гомілки) і 9-сегментного (торс, плечі, стегна, передпліччя, гомілки) обстеження. У всіх схемах вимірювання імпедансу виконують за тетраполярною методикою, відповідно до якої одна пара електродів служить для пропускання зондуючого струму, а інша пара - для реєстрації напруги (різниці потенціалів). Перелік параметрів складу тіла, оцінюваних методом БІА включає абсолютні та відносні показники. До абсолютних показників відносяться жирова (ЖМТ) і безжирова (худа) маси тіла (БМТ, ХМ), активна клітинна (АКМ) і скелетно-м'язова (СММ) маси, загальна вода організму (ЗВО), клітинна і позаклітинна рідини (КР, ПКР). Поряд з ними розраховують відносні показники складу тіла (приведені до маси тіла, худої маси або іншим величинам). Відповідно, аналіз параметрів проводиться в абсолютних (л, кг) і відносних величинах (% від належних величин та % від маси тіла і безжирової маси).

***Метод інтегрального БІА*** є абсолютно безпечним дослідженням, він не впливає на функції організму і не викликає неприємних відчуттів, дозволяє точно, швидко та автоматизовано здійснювати аналіз отриманих результатів. Спеціальна програма обладнання переводить електричні параметри в кількісні еквіваленти, що виражаються у відсотках. Процедура визначення компонентного складу маси тіла триває не більше 30 с.

*Даний метод дає можливість,* по-перше, отримати інформацію про відносні показники компонентів складу тіла; по-друге, порівняти отримані показники з нормативними, прийнятими з урахуванням віку і статі, рівня метаболізму; по третє, максимально правильно підбирати і коригувати, при необхідності, програми корекції ваги та пропорцій тіла.

***3.******Каліперометрія як метод визначення і оцінки жировідкладення***

Визначення жирового компонента маси тіла людини за допомогою інтегрального БІА складу маси тіла не дає повного уявлення про розподіл жировідкладення в різних сегментах тіла. З цією метою застосовується метод **каліперометрії,** який полягає у вимірюванні *товщини шкірно-жирової складки (ШЖС)* на різних ділянках тіла людини за допомогою спеціального антропометричного вимірювального приладу – ***каліпера.*** Вимірювання ШЖС проводяться на правій стороні тіла в двох, чотирьох або восьми точках.

Шкірну складку (не більше 5 см поверхні тіла) щільно стискають великим і вказівним пальцями або трьома пальцями так, щоб в її складі виявилася шкіра і підшкірний жировий шар, відтягують її, наскільки можливо; іншою рукою на складку накладають каліпер, на 1 см нижче місця захоплення. Ніжки каліпера прикладаються так, щоб відстань від гребінця складки до точки вимірювання приблизно дорівнювало товщині складки.

*При дослідженні необхідно визначити 9 шкірно-жирових складок:*

1) В області спини (d1) - під нижнім кутом правої лопатки (складка вимірюється в косому напрямку зверху вниз, зсередини назовні).

2) На задній поверхні плеча (d2) - область триголового м'яза у верхній третині плеча, ближче до внутрішнього краю (складка береться вертикально при опущеній руці).

3) На передній поверхні плеча (d3) - області двоголового м'яза у верхній третині внутрішньої поверхні плеча (складка береться вертикально).

4) У верхній третині латеральної поверхні передпліччя (d4) (складка береться вертикально).

5) На передній поверхні грудей (d5) - вимірюється тільки у чоловіків під грудним м'язом по передній пахвовій лінії (складка береться в косому напрямку зверху вниз, зовні всередину).

6) В області живота (d6) - на передній стінці живота, на рівні пупка справа на відстані 5 см (складка береться вертикально).

7) У верхній частині стегна (d7) - на передньолатеральній поверхні паралельно паховій складці, над прямим м'язом стегна (складка вимірюється в положенні сидячи, ноги зігнуті в колінних суглобах під прямим кутом).

8) На задній поверхні гомілки (d8) - на задньолатеральній поверхні верхньої частини гомілки, в області литкового м'яза (складка вимірюється в тому ж вихідному положенні, що і на стегні; береться майже вертикально).

9) На тильній поверхні кисті (d9) - на рівні середини третьої п'ясткової кістки (ця складка контрольна, так як характеризує товщину шкіри без підшкірної жирової клітковини).

Вимірювання товщини ШЖС дозволяє досить точно визначити ***показники абсолютного і відносного вмісту жиру*** розрахунковим шляхом.