Сучасні методи і підходи до обробки результатів медико-біологічних досліджень

Одним з ефективних шляхів поліпшення діагностики і лікування хворих, прискорення наукових розробок у галузі біології і медицини є застосування математичних і кібернетичних методів. Проведення клінічних досліджень прямо пов'язане із всебічним аналізом отриманих даних. Тому вивчення методів обробки біомедичної інформації є невід'ємною частиною навчання персоналу, що бере участь не тільки в статистичному аналізі результатів, але й у процесі збирання медико-біологічних даних.

Етичні й економічні потреби дня диктують необхідність особливого ставлення до планування і проведення медико-біологічних досліджень. Крім того, володіння методиками обробки інформації дозволяє більш ефективно організувати процедуру збирання вихідних даних.

Будь-яке наукове дослідження в остаточному підсумку має на меті отримання достовірної інформації про об'єктивні властивості навколишнього світу. Багато досліджуваних явищ мають статистичну природу, тобто мають властивості, що можуть або виявлятися, або не виявлятися, в залежності від безлічі супутніх факторів. Виявлення досліджуваних закономірностей у цьому випадку значною мірою визначається адекватністю методичних засобів, що використовуються під час дослідження. Одним з універсальних стратегічних прийомів підвищення ефективності будь-якого дослідження є застосування математичних методів. Причому чим складніше явище вивчається, тим більш удосконаленим має бути математичний апарат, що при цьому використовується. Повною мірою це стосується і медико-біологічних досліджень, які полягають у виявленні закономірностей реагування найбільш складної – біологічної – системи на дію факторів навколишнього середовища. Рівень ієрархії розглянутих біосистем може бути різний – популяція, індивідум, система організму тощо, так само як різними можуть бути кількість факторів, що впливають, і ступінь деталізації опису механізмів реагування. Відповідно і математичні методи можуть бути найрізноманітнішими.

Однак у будь-якому випадку має місце діалектично обумовлене правило, яке показує, що сума методичних прийомів, що використовуються, має бути адекватною складності закономірностей, що виявляються. Наслідком цього правила є необхідність застосування тим більше вдосконалених математичних методик, чим менш досконалі інші методи (фізичні, хімічні, фізіологічні, біохімічні тощо), які використовуються в медико-біологічних дослідженнях. Іншими словами, маючи можливість використовувати досить могутній математичний апарат, можливо спрощувати і скорочувати процес вивчення явища за допомогою інших методів. А оперативність використання математичних методів може призвести до загального спрощення всього процесу дослідження без втрати його повноти.

Останніми роками широке поширення персональних комп'ютерів і різних програмних засобів для математичного аналізу даних у різних прикладних галузях, включаючи медичні додатки, не знімає необхідності володіння хоча б основами математичної статистики.

Від користувача вимагається вміння грамотно вибирати придатні статистичні процедури, знати їхні можливості і обмеження, коректно й обмірковано підходити до інтерпретації результатів.

Довільне застосування статистичних тестів може призвести до помилкових висновків про ефективність методів лікування, що використовуються. Медико-біологічна інформація, одержана під час проведення досліджень, може бути представлена в різному вигляді, що і визначає методичні підходи до її обробки та інтерпретації. З іншого боку, вибір методів обробки інформації пов'язаний з поставленою метою і задачами досліджень. Медико-біологічна інформація може бути представлена в дискретному і безперервному вигляді. Практично всі дані лабораторних досліджень являють собою набори цифр, за винятком результатів спектрального аналізу, що можуть являти собою криві. Безперервні сигнали можна отримати, наприклад, під час зняття електроенцефалограм, електрокардіограм тощо. Крім того, в результаті досліджень можуть бути отримані зображення, такі як рентгенограма чи теплограма. Велику частину дискретної медико-біологічної інформації отримують шляхом проведення вимірювань. Вимірюванням називають знаходження значення величини дослідним шляхом за допомогою технічних засобів. Вимірювання дозволяють встановлювати закономірності зміни досліджуваного показника і є елементом пізнання навколишнього світу.

Розрізняють вимірювання прямі, при яких результат можна отримати безпосередньо з вимірювання самої величини (наприклад, вимірювання температури тіла медичним термометром, вимірювання довжини предмета лінійкою), і непрямі, при яких значення величини, яке необхідно знайти, знаходять за відомою залежністю між цією величиною і безпосередньо виміряними величинами (наприклад, визначення маси тіла при зважуванні з урахуванням виштовхувальної сили, визначення в'язкості рідини за швидкістю падіння в неї кульки). Технічні засоби для виробництва вимірювань (засоби вимірювань) можуть бути різних типів. Найбільш відомим засобом вимірювання є вимірювальний прилад, у якому вимірювальна інформація подається у формі, доступній для безпосереднього сприйняття спостерігачем (наприклад, температура представлена в термометрі довжиною стовпчика ртуті, сила струму — показанням стрілки амперметра чи цифровим значенням). До засобів вимірювань відносять також і міру, що призначена для відтворення фізичної величини заданого розміру (наприклад, гиря визначеної маси). Метрологічні вимоги до медичних приладів як до вимірювальних пристроїв досить очевидні, оскільки вимірювання в медицині (медичні чи медико-біологічні вимірювання), а також відповідні засоби вимірювань досить специфічні. Ця особливість виділяє в метрології окремий напрямок — медичну метрологію.

**Основні проблеми, характерні для медичної метрології і частково для медичного приладобудування**

1. Зараз медичні вимірювання в більшості випадків проводить медичний персонал (лікар, медсестра), технічно не підготовлений. Тому доцільно створювати медичні прилади, градуйовані в одиницях фізичних величин, значення яких є кінцевою медичною вимірювальною інформацією (прямі вимірювання). Або обслуговування медичних приладів і зняття інформації має здійснювати фахівець, технічно підготовлений.
2. Бажано, щоб час вимірювання, аж до одержання кінцевого результату, був якнайменшим, а інформація якомога повнішою. Цим суперечливим вимогам задовольняють вимірювальні комплекси, що включають ЕОМ.
3. При метрологічному нормуванні медичного приладу, який створюється, важливо враховувати медичні показання. Лікар повинен визначити, з якою точністю необхідно представити результати, щоб можна було зробити діагностичний висновок. При цьому мають бути враховані можливі відхилення цих показників у окремих хворих.
4. Багато медичних приладів видають інформацію на пристрої, які її реєструють, (наприклад, електрокардіограф), тому слід враховувати похибки, характерні для цієї форми запису.
5. Одна з проблем — термінологічна. Відповідно до вимог метрології, у назві вимірювального приладу має бути зазначена фізична величина чи одиниця (амперметр, вольтметр, частотомір тощо). У ряді випадків назва медичних приладів не відповідає цьому принципу (електрокардіограф, фонокардіограф, реограф та ін.). Так, електрокардіограф слід було б назвати мілівольтметром з реєстрацією показань (чи мілівольтметром, що реєструє дані).

6. У ряді медичних вимірювань може бути недостатньо інформації про зв'язок між безпосередньо вимірюваною фізичною величиною і відповідними медико-біологічними параметрами. Так, наприклад, при клінічному (безкровному) методі вимірювання тиску крові допускається, що тиск повітря усередині манжети приблизно дорівнює тиску крові у плечовій артерії.

Насправді цей зв'язок не дуже простий і залежить від ряду факторів, у тому числі і від ступеня розслаблення мускулатури. Лабораторні вимірювання (in vitro) можуть відрізнятися від значень відповідного параметра в умовах організму (in vivo).

1. У процесі вимірювання медико-біологічні параметри можуть змінюватися. У практиці фізико-технічних вимірювань прагнуть зробити декілька вимірювань для виключення (обліку) випадкових похибок; це доцільно в тих випадках, коли є впевненість у незмінності фізичного параметра в процесі вимірювання.
2. Параметри біологічної системи можуть значно змінюватися при тривалих вимірюваннях, наприклад, внаслідок психофізіологічних факторів (вплив навколишнього оточення: приміщення, вимірювального приладу, персоналу тощо) чи втоми м'язів при багаторазових вимірюваннях на динамометрі. Рухливість органів чи самого об'єкта також може призводити до різних результатів вимірювання. Природно, що при створенні медичної апаратури мають бути враховані й інші вимоги (санітарно-гігієнічні, питання безпеки, надійності тощо).

Більшість вимірювань у медицині є вимірами фізичних або фізико-хімічних величин. У кількісній діагностиці – тиск крові, часова залежність біопотенціалів, оптична сила ока та ін. У лабораторних аналізах — в'язкість крові, концентрація цукру в сечі та ін.

Під час лікування важливо знати дозу іонізуючого випромінювання, силу струму при гальванізації, інтенсивність ультразвуку тощо; відсутність якої-небудь інформації подібного роду може не тільки знизити лікувальний ефект, але й завдати шкоди.

Кількісна оцінка параметрів середовища, що оточує людину (вологість повітря, температура, атмосферний тиск), є необхідною умовою профілактики захворювань, кліматичного лікування.

Різні фізичні медико-біологічні вимірювання можуть бути класифіковані або за функціональною ознакою, або за приналежністю до відповідного розділу фізики.

Фізична класифікація більш близька структурі і наведена нижче.

**Механічні вимірювання**

антропометричні параметри тіла, переміщення, швидкість і прискорення частин тіла, крові, повітря, акустичні вимірювання, тиск крові і рідин в організмі і повітря в навколишньому середовищі, вимірювання вібрацій та ін.

**Теплофізичні вимірювання**

температура органів, частин тіла і навколишнього середовища, калориметричні вимірювання біологічних об'єктів, продуктів харчування тощо.

**Електричні і магнітні вимірювання**

біопотенціали, індукція магнітного поля серця, вимірювання імпедансу біологічних об'єктів з діагностичною метою, параметрів електромагнітних полів і концентрації іонів з гігієнічною метою та ін.

**Оптичні вимірювання**

колориметричні вимірювання, вимірювання оптичних характеристик середовища ока з діагностичною метою, спектральні вимірювання для діагностики і судово-медичного призначення, вимірювання характеристик ультрафіолетового, інфрачервоного і видимого світла з гігієнічною метою та ін.

**Атомні і ядерні вимірювання**

вимірювання іонізуючого випромінювання (дозиметрія) та ін.

Крім того, можна вказати і **фізико-хімічні вимірювання**: кількісне визначення складу повітря, яке вдихається та видихається людиною, газовий склад крові, рН крові й інших біологічних середовищ.

**Функціональний принцип класифікації методів медико-біологічних вимірювань**

Функціональний принцип класифікації методів медико-біологічних вимірювань можна проілюструвати на прикладі вимірювання параметрів серцево-судинної системи.

Тут зустрічаються механічні (баллістокардіографія, фонокардіографія, вимірювання тиску крові), електричні і магнітні (електрокардіографія, магнітокардіографія), оптичні вимірювання (окси-гемометрія). Можливе застосування й інших фізичних методів; так, наприклад, методом ядерного магнітного резонансу визначають швидкість кровотоку.

Як було показано вище, можна виділити декілька великих груп методів обробки медико-біологічної інформації:

1. Апарат теорії імовірності і математичної статистики.

2. Математичний аналіз кривих.

3. Диференційні рівняння.

4. Гармонійний аналіз.

Крім того, існує цілий ряд спеціальних математичних методів, призначених для розпізнавання зображень, виділення корисної інформації з «зашумленної» та ін.

Сучасні методи медичних досліджень можуть бути розділені на дві основні групи – лабораторні та інструментальні. Крім того, до інструментальних методів відноситься особлива група методів, названа хірургічними методами.

Окремий розгляд цієї групи пов'язаний з особливостями цих методів, які полягають у тому, що інструментальні методи пов’язані в них з хірургічними втручаннями.

Інша класифікація методів медичних досліджень підрозділяє їх на 3 основні групи об'єктивних методів дослідження організму людини:

1. Структурна діагностика — методи, що виявляють зміни у побудові органів і тканин (рентгенологічні, ультразвукові дослідження, теплобачення, ендоскопія — гастроскопія, бронхоскопія, колоноскопія тощо).

2. Функціональна діагностика — методи вивчення функціонування органів і систем за їхніми електричними проявами (електрокардіографія, електроенцефалографія, електроміографія тощо), звукових (фонокардіографія), механічних (сфігмографія) та інших проявах.

3. Лабораторна діагностика — методи виявлення змін клітинного і хімічного складу біорідин та інших біоматеріалів.

Основні методи, що відносяться до цих груп, подані на схемі

**Методи медичних досліджень**

Лабораторні Інструментальні Хірургічні

Клінічні Рентгенівські Лапароскопія

Біохімічні Ультразвукові Діагностич. трепанація

Імунологічні Електричні Пункційні біопсії

Бактеріологічні Оптичні

Вірусологічні Радіаційні

Гельмінтологічні ЯМР

Теплобачення

Механічні

**Лабораторні методи**

Суть лабораторних методів полягає у дослідженні хімічних і фізичних властивостей біологічних рідин і тканин, проб навколишнього середовища (змивів з поверхонь, проб води, ґрунту, повітря тощо). Крім того, до лабораторних методів відносяться дослідження та ідентифікація мікроорганізмів (бактеріологія і вірусологія), з метою виявлення патогенних і умовно-патогенних для людини і тваринних мікроорганізмів і розробки методів специфічної профілактики і лікування інфекційних хвороб.

У мікробіології широко застосовують мікроскопічні методи дослідження, методи культивування мікроорганізмів, генетичної інженерії, хроматографії, мас-спектрометрії, ізотопних індикаторів, електрофорезу, цитологічні, імунохімічні, біохімічні й інші. Не зменшуючи значимості методів структурної і функціональної діагностики, слід зазначити, що 70-80% об'єктивної діагностичної інформації лікар одержує на основі лабораторних аналізів, а стан деяких систем, зокрема, імунної, згортаючої систем крові можна визначити тільки за допомогою лабораторних методів. Крім того, деякі лабораторні дослідження дозволяють виявити патологічний процес на доклінічній стадії, коли ніяких суб'єктивних відчуттів і виражених змін органів і тканин немає, а також оцінювати ступінь ризику розвитку того чи іншого захворювання для здорової людини. Сьогодні лабораторна медицина являє собою комплекс багатьох субдисциплін, кожна з яких досліджує визначені компоненти біологічного матеріалу, використовуючи власні специфічні методи. Як вже було зазначено раніше, основна інформація, одержана під час лабораторних досліджень, подається в дискретному вигляді. Це кількість клітин крові, концентрація різних речовин у біорідинах, кількість домішок у воді, кількість мікроорганізмів у полі зору та ін. Для обробки таких даних використовується апарат математичної статистики, що дозволяє визначити характер розподілу показників, їхні середні значення, похибки середнього тощо. Крім дискретних даних, можливе отримання і безперервної інформації у вигляді спектрів, до якої можливо застосовувати методи диференціального і гармонійного аналізу. Крім того, зараз йде активний пошук сучасних методів, з використанням різних математичних прийомів для створення моделей і прогнозування станів. До лабораторних методів відносяться дослідження з використанням оптичних пристроїв, наприклад, різноманітних мікроскопів. Зображення, одержані за допомогою таких пристроїв, апаратно чи програмно перетворюються в електричні сигнали й обробляються спеціальними методами.

До інструментальних методів відноситься велика група методів, у результаті застосування яких можна отримати різні зображення. Це:

оптичні,

рентгенологічні,

радіологічні,

тепловізійні,

ультразвукові та інші методи.

Нині завдяки автоматизації досліджень можливо проводити обробку оптичних і ультразвукових зображень, вимірювання їхніх геометричних характеристик, виділення фрагментів, які зацікавили лікаря, із заданими структурними властивостями, підрахунки елементів, визначення площ тощо. Для досягнення такої мети використовується цілий ряд математичних методів.