

# Індивідуальне прогнозування перебігу та ускладнень цукрового діабету 1 типу в дітей: роль великих клінічних даних і методів Data Mining (огляд літератури)



О.М. Одайський, І.О. Мітюряєва-Корнійко

Національний медичний університет  
імені О.О. Богомольця, Київ,

**Мета роботи** — узагальнити сучасні наукові дані щодо використання великих клінічних баз даних, електронних медичних записів і клінічних реєстрів для дітей із цукровим діабетом 1 типу та обґрунтувати можливості застосування методів Big Data (великих даних) і Data Mining (інтелектуального аналізу даних) для розробки моделей індивідуального прогнозування перебігу захворювання й підтримки клінічних рішень.

**Матеріали та методи.** Проведено аналітичний огляд сучасних наукових публікацій, присвячених формуванню клінічних реєстрів, інтеграції електронних медичних даних і застосуванню методів інтелектуального аналізу даних у дитячій ендокринології. Використано методи систематизації, порівняльного аналізу й узагальнення результатів клінічних і популяційних досліджень, метааналізів та систематичних оглядів, що висвітлюють підходи до стратифікації ризику й побудови прогностичних моделей у пацієнтів дитячого віку з цукровим діабетом 1 типу.

**Результати та обговорення.** Узагальнення сучасних літературних даних дало змогу систематизувати клінічні, метаболічні, судинні та психосоціальні чинники, що впливають на перебіг цукрового діабету 1 типу в дітей, і визначити інформаційні джерела, необхідні для формування великих масивів структурованих даних. На основі проведеного аналізу сформовано дві концептуальні моделі. Перша модель — інтеграція джерел медичної інформації (клінічні записи, лабораторні показники, дані безперервного моніторингу глікемії, реєстрові й організаційні дані) з їхньою стандартизацією та накопиченням у форматі великих клінічних баз даних (Big Data). Друга модель — алгоритм застосування методів Data Mining і машинного навчання для виявлення ключових предикторів, стратифікації пацієнтів за рівнем індивідуального ризику та побудови прогностичних моделей. Ускладнення захворювання розглядають як клінічно значущі кінцеві точки, що дасть змогу оцінити ефективність аналітичних підходів. Представлені узагальнення підтверджують доцільність переходу від аналізу окремих показників до системного моделювання перебігу захворювання з урахуванням багатофакторної взаємодії даних.

**Висновки.** Обґрунтовано можливості використання великих клінічних масивів даних (Big Data) і методів Data Mining для індивідуального прогнозування перебігу цукрового діабету 1 типу в дітей. Розроблені концептуальні моделі інтеграції даних та їхньої аналітичної обробки демонструють потенціал створення систем підтримки клінічних рішень, спрямова-

них на ранню ідентифікацію груп підвищеного ризику й персоналізацію спостереження та лікування. Перспективи подальших досліджень пов'язані з розширенням міжреєстрової інтеграції даних, удосконаленням алгоритмів машинного навчання з урахуванням вікових особливостей дитячої популяції, зовнішньою валідацією прогностичних моделей у різних регіонах і створенням національних платформ для аналітичної підтримки дитячої ендокринологічної практики.

**Ключові слова:** цукровий діабет 1 типу, діти, індивідуальне прогнозування, ускладнення, Data Mining, Big Data, персоналізована медицина.

**Ц**укровий діабет (ЦД) 1 типу в дітей характеризується значною гетерогенністю перебігу, що зумовлено віковими, патофізіологічними та індивідуальними особливостями організму. Саме якість медичної допомоги, наданої в дитячому віці, значною мірою впливає на наслідки захворювання в дорослому житті. Сучасні рекомендації наголошують на необхідності врахування сімейного анамнезу, стадій розвитку захворювання, пубертатних змін і наявності ускладнень, а також використанні нових технологічних рішень як інструментів підтримки клінічних рішень при веденні дітей та підлітків із ЦД 1 типу [8, 33].

Незважаючи на важливість раннього терапевтичного втручання, прогнозування початку та прогресування ускладнень і тяжкості перебігу ЦД 1 типу в дітей є складним завданням. Це зумовлено багатофакторною природою захворювання та наявністю великих, неоднорідних і часто незбалансованих масивів клінічних даних, аналіз яких перевищує можливості традиційних підходів до оцінки ризику [29].

Формування структурованих інформаційних систем і застосування методів Data Mining розглядають як перспективний напрям для інтеграції різномірних клінічних, лабораторних та інструментальних показників з метою поліпшення прогнозування перебігу захворювання й персоналізації надання медичної допомоги дітям із ЦД [38].

**Мета роботи** — узагальнити сучасні наукові дані щодо використання великих клінічних баз даних, електронних медичних записів і клінічних реєстрів у дітей із цукровим діабетом 1 типу та обґрунтувати можливості застосування методів Big Data і Data Mining для розробки моделей індивідуального прогнозування перебігу захворювання та підтримки клінічних рішень.

## Матеріали та методи

Огляд літератури проведено з використанням загальнонаукових й аналітичних методів із систематизацією, порівняльним аналізом та узагальненням результатів сучасних клінічних й експериментальних досліджень, присвячених перебігу ЦД 1 типу в дітей, розвитку його ускладнень і можливості прогнозування індивідуального ризику несприятливих наслідків захворювання.

Пошук наукових джерел здійснювали в міжнародних наукометричних базах даних PubMed, Scopus, Web of Science, а також у пошуковій систе-

мі Google Scholar. До аналізу залучали публікації переважно за останніх 15 років, з акцентом на роботи, що мають клінічне значення для дитячої ендокринології, зокрема клінічні спостереження, когортні та популяційні дослідження, метааналізи, систематичні огляди.

Критеріями відбору джерел були: ЦД 1 типу в дитячому та підлітковому віці, наявність даних щодо чинників ризику, предикторів перебігу захворювання та розвитку мікросудинних і макросудинних ускладнень, використання сучасних підходів до оцінки прогнозу та персоналізації медичної допомоги.

Аналіз літературних джерел проводили з урахуванням патогенетичних механізмів розвитку ускладнень ЦД 1 типу, ролі метаболічних, імунних і психосоціальних чинників, а також сучасних концепцій індивідуального прогнозування перебігу захворювання в дітей.

## Результати та обговорення

### Перспективи індивідуального прогнозування ризику розвитку ускладнень і тяжкості перебігу ЦД 1 типу в дітей при використанні методів Data Mining

Позиттєве спостереження стану здоров'я дорослих, хворих на ЦД 1 типу, є продовженням догляду за ними в дитячому віці. Епідеміологія, патофізіологія, особливості прогресування та реакція на терапію в дітей із ЦД 1 типу часто відрізняються від таких у дорослих пацієнтів. Висновки експертів узагальнені в положеннях Американської діабетичної асоціації (ADA) «Діабет 1 типу в дітей і підлітків» [8]. Увага фахівців до сімейного анамнезу, стадій розвитку ЦД 1 типу та фізіологічних відмінностей, пов'язаних зі статевою зрілістю, наявності ускладнень, а також можливостей використання нових технологічних платформ як засобу підтримки рішень є важливими аспектами для розробки та реалізації оптимального плану ведення дітей і підлітків із ЦД [33].

Дівчата в 1,9 разу частіше мають два або більше чинники ризику розвитку серцево-судинних захворювань (ССЗ), тому чинниками, пов'язаними з підвищеним ризиком ССЗ, є жіноча стать, висока добова доза інсуліну, вищий рівень глікованого гемоглобіну (HbA1c) і більша тривалість діабету. Отже, вік початку захворювання є важливим прогностичним показником виживання при ССЗ із

найвищим ризиком у жінок. Ці дані свідчать про необхідність проведення досліджень, зокрема з'ясування того, коли зростає ризик появи ССЗ у дівчат із ЦД 1 типу [47].

Каротидна товщина комплексу інтима—медіа (carotid intima-media thickness (сІМТ)) є неінвазивним сурогатним маркером субклінічного атеросклерозу. Її використовують для стратифікації серцево-судинного ризику. Розподіл сІМТ і його зв'язок із чинниками ризику залежать від каротидного сегмента та з віком зростають, причому виявлено найсильніші асоціації з артеріальною гіпертензією та цукровим діабетом. У дітей і підлітків із ЦД 1 типу підвищення сІМТ підтверджене сучасними оглядами. Фармакологічні та нефармакологічні втручання демонструють лише невеликі, статистично незначущі зміни сІМТ, що потребує проведення більших і триваліших рандомізованих досліджень [10, 16].

Гіперглікемію вважають основним медіатором ССЗ при ЦД 1 типу. У дослідженні Diabetes Control and Complications Trial/Epidemiology of Diabetes Interventions and Complications (DCCT/EDIC) у когорті пацієнтів із ЦД 1 типу гіперглікемія була основним чинником, відповідальним за збільшення ССЗ, поступаючись лише віку. З кожним збільшенням середнього рівня HbA1c на 1 % ризик будь-якого ССЗ зростає на 31 %, атеросклеротичних подій — на 42 % [14]. В епідеміологічному аналізі встановлено, що ризик будь-якого ССЗ, пов'язаного з підвищенням середнього HbA1c на 1 %, еквівалентний ризику, пов'язаному з 4,3 додатковим роком віку або 5,6 додатковим роком тривалості ЦД 1 типу [102]. Деякі модифіковані чинники (артеріальна гіпертензія, дисліпідемія, ожиріння, резистентність до інсуліну, відсутність фізичної активності, куріння, депресія та вегетативна дисфункція) додатково впливають на ризик ССЗ у дітей із ЦД 1 типу. Проведено мало досліджень, щоб з'ясувати, як модифікація цих чинників ризику може вплинути на ССЗ у дітей із ЦД 1 типу [20].

Тривалий діабетичний кетоацидоз або його ускладнення можуть призвести до дисфункції органів і тривалої госпіталізації. Тяжка кетоацидемія знижує скоротливість серця, спричиняє серцеві аритмії та гемодинамічну нестабільність і є основним чинником, що впливає на клінічний прогноз через пошкодження життєво важливих органів, насамперед мозку та нирок [36], з показником смертності 5 % [25]. Регуляція об'єму рідини, вмісту електролітів і порушень кислотно-основного балансу є основним підходом до лікування діабетичного кетоацидозу. Рідинна та електролітна терапія мають ґрунтуватися на рекомендаціях Міжнародного товариства дитячого та підліткового діабету (ISPAD) 2022 р. [18]. Рівень глюкози, рН газів крові і вміст бікарбонату в сироватці крові є найважливішими детермінантами клінічного прогнозу в дітей з діабетичним кетоацидозом. Ці дані можуть бути

орієнтиром для клініцистів з огляду на потенційний несприятливий вплив їхнього порушення на життєво важливі органи. Виявлення дітей із гіршим прогнозом і визначення параметрів, що впливають на клінічний прогноз, сприятиме розробці цільових препаратів для лікування [25]. Відсутність діабетичного кетоацидозу ISPAD (2022) визначає як рН  $\geq 7,30$ , рівень бікарбонату в сироватці крові  $> 18$  ммоль/л, відсутність кетозу або кетонемії [31].

У. Wei та співавт. (2020) виявили, що порівняно з групами дітей із легким і середнім ступенем діабетичного кетоацидозу пацієнти з тяжким кетоацидозом частіше мали відчуття стиснення в грудях (задишка) та вищі рівні осмотичного тиску крові, сечовини й креатиніну, що є незалежними чинниками ризику розвитку тяжкого кетоацидозу. Установлено зв'язок між підвищеним рівнем глюкози в крові та осмотичним тиском і тяжким кетоацидозом. У дітей із тяжкою формою кетоацидозу частіше спостерігали прогресування неврологічних симптомів, що потребує особливої уваги щодо можливого розвитку набряку мозку [48]. Ці результати узгоджуються з даними, отриманими L. Valero-Guzmán та співавт. (2020), які виявили, що підвищений рівень глюкози в крові та осмолярність тиску крові, як у дітей, в яких кетоацидоз є першим виявом ЦД 1 типу, так і в дітей, в яких кетоацидоз є ускладненням раніше діагностованого діабету, негативно впливають на клінічний прогноз та час одужання. Одужання тривало довше, незважаючи на тяжкість кетоацидозу, тривалість симптомів і вид лікування [43].

У попередніх дослідженнях повідомлялося, що гостре ураження нирок негативно впливає на прогноз у дітей із ЦД 1 типу. Дані про всіх дітей, у яких недавно діагностували діабет, було занесено в електронний реєстр. Частота кетоацидозу була значно вищою в дітей віком до 2 років (60,7 і 32,4 % у дітей віком 2—14 років). Зв'язку зі статтю не виявлено. Наявність сімейного анамнезу цукрового діабету 1 типу в родичів першого ступеня спорідненості асоціювалася зі зниженням ризику розвитку діабетичного кетоацидозу [39]. Оскільки діабетичний кетоацидоз пов'язаний зі зневодненням і може спричинити гостре ураження нирок, S.K. Huang і співавт. (2020) повідомили, що метаболічний ацидоз поліпшився пізніше у дітей із гострим ураженням нирок. Порушення функції каналців та запалення нирок асоціюється з поганим прогнозом. Установлено зв'язок між гострим ураженням нирок і біомаркерами, що вказують на зневоднення [23].

Гостре ураження нирок дуже поширене в дітей і підлітків із діабетичним кетоацидозом. Сукупна частота гострого ураження нирок на будь-якій стадії під час епізоду кетоацидозу становила 47 %, і кожен четвертий епізод діабетичного кетоацидозу був пов'язаний із тяжким гострим ураженням нирок [34].

Е.Т. Jensen та співавтор (2023) провели багатоцентрове популяційне проспективне дослідження (2002–2019) молодих осіб із ЦД 1 типу ( $n = 2519$ ) і 2 типу ( $n = 447$ ). Зареєстровано 110 051 випадок діабетичної ретинопатії, яка розвивалася впродовж 12 років після встановлення діагнозу. Ретельний контроль рівня глюкози й артеріального тиску може пом'якшити розвиток і прогресування діабетичної ретинопатії при обох типах діабету в молодому віці [27].

Адекватне лікування та добрий контроль глікемії значно знижують ризик віддалених судинних і неврологічних ускладнень. Варіабельність HbA1c асоціювалася з ранньою ретинопатією, альбумінурією, підвищеною швидкістю екскреції альбуміну, але не з периферичною нейропатією [46]. Установлено, що серцева автономна нейропатія (CAN) може спричинити судинні ускладнення при діабеті. У 725 підлітків із ЦД 1 типу без ретинопатії та альбумінурії на початковому етапі рання CAN була визначена як одна з аномалій. Середня тривалість діабету становила ( $6,1 \pm 3,3$ ) року. Протягом періоду спостереження (медіана — 3,8 року) частота уретинопатії становила 27 %, ранньої ниркової дисфункції — 16 %, альбумінурії — 3 %. Середній рівень HbA1c — ( $8,6 \pm 1,4$ ) %. Серцева автономна нейропатія була предиктором формування ретинопатії і ранньої ниркової дисфункції, а також прогресування ретинопатії та альбумінурії незалежно від HbA1c у підлітків із ЦД 1 типу, що, на думку авторів, свідчить про вегетативну мікросудинну дисрегуляцію, що спричиняє діабетичні ускладнення. Скринінг і втручання для зменшення серцевої автономної дисрегуляції можуть впливати на ризик розвитку ускладнень [45].

Підлітки з ЦД 1 типу та високим рівнем HbA1c або супутніми психоемоційними порушеннями належать до групи підвищеного ризику розвитку діабетичного кетоацидозу (ДКА). Сучасні систематичні огляди підтверджують, що частота ДКА в дебюті захворювання є істотно вищою серед дітей молодшого віку, осіб із пізньою діагностикою, представників етнічних меншин і мігрантів. Натомість поінформованість сім'ї (наявність сімейного анамнезу ЦД 1 типу, участь у програмах скринінгу) асоціюється зі значним зниженням ризику. Установлено також, що ДКА на момент встановлення діагнозу пов'язаний із менш сприятливою динамікою глікемії протягом наступних 1–2 років життя, що свідчить про необхідність підсиленої уваги до вразливих груп при первинному зверненні та використанні заходів профілактики ДКА [15, 37].

Сучасні нейробіологічні дослідження демонструють, що ранні травматичні події значною мірою впливають на розвиток мозку дітей, оскільки незрілі нейронні мережі характеризуються підвищеною збудливістю та недостатньою інгібіторною модуляцією. Це зумовлює вразливість до

формування дисоціативних реакцій, емоційної дисрегуляції, підвищеного збудження, тривожності, імпульсивності та соматоформних виявів у відповідь на стресові події. Такі нейробіологічні зміни охоплюють дисфункцію системи стресореагування, а також порушення взаємодії ключових нейромереж (мережі за замовчуванням, салієнс-мережі та центральної виконавчої мережі), які відповідають за інтеграцію емоційного досвіду, обробку загроз і самореферентні процеси, що пояснює складну клінічну картину дисоціації в дітей після травми [5, 30].

Статеві відмінності в розвитку та клінічній маніфестації посттравматичного стресового розладу (ПТСР) спостерігаються вже в дитячому та підлітковому віці. За даними досліджень у педіатричній популяції, дівчата демонструють вищу початкову виразність симптомів ПТСР, ніж хлопці, а також зберігають вищий рівень симптоматики після завершення психотерапевтичних втручань, попри статистично значуще зменшення симптомів в обох статевих групах [13]. З урахуванням цих особливостей дівчат та дівчат-підлітків з ЦД 1 типу можна розглядати як групу підвищеного ризику розвитку ПТСР, що обґрунтовує необхідність ранньої психосоціальної діагностики, цілеспрямованої психологічної підтримки та реабілітаційних заходів для зменшення впливу цієї супутньої патології.

Близько 35 % молодих пацієнтів із ЦД 1 типу, який досі вважався характерним для стрункої фігури, мають надмірну масу тіла або ожиріння. Одночасне існування ожиріння має клінічні наслідки для всіх стадій діабету. Підтверджено, що ожиріння є додатковим чинником ризику макроангіопатії та мікроангіопатичних ускладнень. Поширеність ожиріння різко зростає в підлітковому віці, частіше в дівчат [12].

Діабет сам по собі може бути стресором для деяких пацієнтів. Тому слід розробити втручання для запобігання або зменшення ПТСР, починаючи з встановлення підлітку діагнозу [22].

Складні технології медичного спостереження за хворими дітьми та підлітками з ЦД 1 типу є недоцільними в умовах обмежених ресурсів, але прості й ефективні інструменти, зокрема методи скринінгу, можуть значно поліпшити результати лікування та дають змогу застосувати раннє втручання для мінімізації прогресування тяжкості перебігу та розвитку ускладнень без необхідності функціонування складної інфраструктури [4]. Фахівцям необхідно брати активну участь у зусиллях із нарощування потенціалу, інвестуючи в навчальні програми, підтримку телемедицини та ініціативи з обміну даними для медичних працівників [17].

Таким чином, індивідуальне прогнозування перебігу ЦД 1 типу в дітей потребує інтегрального урахування клінічних та індивідуальних чинників із використанням аналітичних підходів (рис. 1).

### Значення створення баз даних із великим об'ємом клінічних даних (Big Data) та комп'ютерних програм для їхньої обробки з використанням методів Data Mining для поліпшення надання допомоги дітям із цукровим діабетом

Лікування дітей, хворих на ЦД 1 типу, потребує раннього втручання для запобігання серйозним ускладненням, що призводять до інвалідизації. Однак точне прогнозування початку або прогресування тяжкості перебігу ЦД є складним завданням через великі та незбалансовані набори даних [29]. Використання великих баз даних для рутинної клінічної практики вважається перспективним вирішенням проблем. Такі бази вже створюються для отримання корисної інформації [38].

З появою електронних медичних записів більшість інформації збирається та зберігається в електронному вигляді. Ера «big data» надає багато можливостей для прогнозування діагностичних і терапевтичних результатів, які інакше не піддавалися б аналізу. Об'єднання численних даних про пацієнта від кількох постачальників медичних послуг значно підвищує рівень інформації [38].

Прогностичні моделі, що використовують різні методи, – від статистичних до складного розпізнавання образів, мають потенціал для об'єднання різних типів інформації про пацієнта та отримання прогностичних результатів у клінічних умовах. Кількість опублікованих статей про наявність інформації для прогнозування наслідків діабету щорічно зростає: з 5 публікацій у 1990 р. до приблизно 300 у 2015 р. [11].

Прогностичні моделі часто містять кілька предикторів (коваріатів), щоб оцінити ймовірність або ризик певного результату або класифікувати наявність чи відсутність певного результату, що відповідає діагностичним моделям прогнозування, або визначити ймовірність розвитку певного стану впродовж заданого періоду часу, що відповідає прогностичним моделям [44]. Це також часто передбачає використання класичних статистичних підходів, тоді як інші, менш поширені моделі, – застосування складної математичної аналітики даних і алгоритмів машинного навчання. Підготовка прогностичних моделей потребує очищення (cleaning), попередньої обробки (preprocessing) та перетворення даних (ETL), щоб отримати узгоджені й валідні предиктори для подальшого аналізу [38].

Цукровий діабет 1 типу асоціюється з розвитком гострих і тривалих мікросудинних і макросудинних ускладнень, особливо в разі недостатнього контролю [18]. Прогностичні моделі дають змогу ідентифікувати осіб із підвищеним ризиком розвитку таких ускладнень, що є важливим компонентом персоналізованого ведення пацієнтів [35]. Більшість сучасних моделей ґрунтуються на ключових демографічних та клінічних показниках, таких як вік, стать, тривалість діабету, рівень HbA1c, інсулі-



Рис. 1. Клінічна концепція індивідуального прогнозування ризику розвитку ускладнень і тяжкості перебігу цукрового діабету 1 типу в дітей із використанням методів Data Mining. Адаптовано з [8, 29, 33]

нотерапія, використання технологій моніторингу й антропометричні параметри [9]. Зовнішня валідація може потребувати застосування моделі в інших популяціях, і результати не завжди можна екстраполювати без втрати точності [35].

Діабетична ретинопатія є однією з провідних причин зниження зору та сліпоти і осіб працездатного віку і становить серйозну глобальну проблему охорони здоров'я. З огляду на те, що ЦД 1 типу часто дебютує в дитячому віці, тривала експозиція гіперглікемії та інших метаболічних чинників ризику зумовлює підвищену ймовірність розвитку діабетичної ретинопатії в дорослому житті. У цьому контексті актуальним є впровадження новітніх цифрових технологій, що активно обговорюються

в сучасних оглядах, зокрема аналізу великих клінічних даних, а також використання переносних пристроїв і мобільних рішень для визначення осіб із підвищеним ризиком розвитку діабетичної ретинопатії та оптимізації скринінгових програм [49].

Інструментом для систематичних досліджень ускладнень, інноваційних методів лікування та якості надання допомоги є великі діабетичні реєстри, які забезпечують тривале спостереження, збір клінічних показників і можливість порівняння результатів у різних країнах [9, 31].

В Україні 195 896 українців потребують інсулінотерапії. Усі розрахунки щодо потреби в інсуліні в країні та областях проводять згідно з даними електронного реєстру пацієнтів, що потребують інсулінотерапії [1].

У Норвегії оцінено контроль глікемії та поширеність ретинопатії та нефропатії в молодих осіб (віком 14–30 років) із ЦД 1 типу на основі загальнонаціональних реєстрів діабету в дорослих пацієнтів і реєстру діабету в дітей (n = 874). Середня тривалість діабету становила 9 років. Середній вміст HbA1c підвищувався в підлітковому віці до піку у віці 17 років для дівчат і 19 років для хлопців, при цьому дівчата мали дещо вищий рівень HbA1c – 9,3 та 9,1 %, відповідно. Половина пацієнтів віком 14–17 років і 40 % пацієнтів віком 18–25 років мали HbA1c > 9 %. Ретинопатія виявлена в 16 % пацієнтів, нефропатія – у 13 %. У пацієнтів віком від 14 до 17 років медіана рівня HbA1c і поширеність пізніх ускладнень була вищою, ніж у пацієнтів віком 18–22 роки. Менше ніж 40 % пацієнтів з альбумінурією отримували інгібітори ангіотензинперетворювального ферменту або блокатори рецепторів ангіотензину II. Ці дані демонструють, що лікування підлітків і молодих осіб із ЦД 1 типу в Норвегії не є оптимальним, особливо пацієнтів пізнього підліткового віку. Автори пропонують, щоб педіатри та ендокринологи критично оцінили допомогу, яку отримують пацієнти в цій групі, і розглянули нові підходи для поліпшення контролю глікемії [6]. За даними реєстрів (10 398 дітей і дорослих із ЦД 1 типу, середній вік учасників – 14,7 року, середня тривалість діабету – 1,3 року) встановлено, що ризик розвитку тяжких ускладнень спостерігався при рівні HbA1c > 8,6 %, а для легших ускладнень – при показниках > 7,0 % [32].

Оцінка та порівняння наслідків діабету і виявлення причин їхньої варіації допомагає визначити напрями, за якими можна досягти кращих результатів і підвищити ефективність лікування пацієнтів. Реєстри мають потенціал для збору великих наборів даних, які можна використовувати при прийнятті відповідних рішень. Так, реєстри діабету забезпечують місцевий контроль якості й порівняльний аналіз із клінічними рекомендаціями лікування, а також оцінюють ефективність терапії та підходів до лікування в клінічній практиці [21].

У відповідь на вимоги Сент-Вінцентської декларації щодо забезпечення якості лікування діабету кілька країн започаткували реєстри діабету. Збільшилася кількість країн із наявністю реєстру діабету – з 23 у 2011 р. до 30 у 2014 р., але понад 83 % реєстрів вважали неповними. Національні інформаційні системи охорони здоров'я не в змозі постійно надавати інформацію щодо моніторингу та лікування пацієнтів із діабетом. Крім того, стандартизовані визначення результатів і загальні методи збору даних є важливими для порівняння результатів і поліпшення реєстрів. У 2018 р. International Consortium for Health Outcomes Measurement (ICHOM) опублікував перший стандартний набір даних для реєстрів дорослих із діабетом 1 та 2 типу [2], який містить 13 показників, які можна розділити на 6 груп: контроль діабету (контроль глікемії), результати, про які повідомляють пацієнти (психологічне благополуччя, дистрес, депресія, пов'язані з діабетом), гострі події (кетозидоз, гіперглікемічний гіперосмолярний синдром, гіпоглікемія), хронічні ускладнення (мікросудинні та макросудинні ускладнення, ускладнення лікування), виживання, медичні послуги (фінансові перешкоди для лікування, використання медичних послуг). Крім того, для порівняння результатів ICHOM визначає такі змінні: демографічні чинники (стать, рік народження, етнічна приналежність, рівень освіти), профіль діагнозу (тип діабету, рік діагностики, супутні захворювання), спосіб життя та соціальні чинники (куріння, частота вживання та кількість алкоголю, фізична активність, соціальна підтримка), чинники лікування (лікування діабету, гіполіпідемічна терапія, дотримання рекомендацій щодо дієти, фізичні вправи, моніторинг рівня глюкози в крові та прийом препаратів) [24]. Незважаючи на усвідомлення потенціалу національних баз даних із діабету, мало відомо про їхню структуру та користь у щоденній практиці. Крім того, деякі реєстри не включали дітей, дані про яких збирають у національній педіатричній базі [2].

Існують різні способи збору даних: введення вручну, автоматизований збір даних з електронних медичних записів або отримання з національних баз даних чи реєстрів. У більшості країн використовують комбінацію методів для збору даних. Кожна база даних відображує унікальну інформацію для ідентифікації пацієнта, що дає змогу відстежувати пацієнта протягом тривалого часу та потенційно пов'язувати бази даних і реєстри [28]. Макросудинні й мікросудинні ускладнення не реєструють стабільно в усіх реєстрах. Так, артеріальний тиск не був зареєстрований у всіх реєстрах, тоді як співіснування артеріальної гіпертензії та ЦД значно підвищує ризик розвитку судинних ускладнень [19].

Широке використання інформаційних технологій в охороні здоров'я сприяє постійному збору даних, які можна використовувати для поліпшення догляду за пацієнтами та лікування хронічних

захворювань. За результатами огляду 71 статті К. Chen та співавт. (2023) виявили тенденцію до зростання застосування методів інтелектуального аналізу даних у дослідженні діабету. Часто це відбувається при інтеграції інтелектуального аналізу процесів, інтелектуального аналізу даних і традиційних статистичних методів [7].

Діабет визнано одним із головних пріоритетів у медичних наукових дослідженнях, які генерують величезну кількість даних. Постійне зростання обсягів даних можливе для обробки за допомогою інтелектуального аналізу даних. Використання методів інтелектуального аналізу даних у дослідженнях діабету є одним із найкращих способів використання великих обсягів доступної інформації, пов'язаної з ЦД, але однією з головних особливостей методів data mining є те, що процес інтелектуального аналізу даних є набагато складнішим, ніж статистичні підходи [42].

Застосування інтелектуального аналізу даних в охороні здоров'я дає змогу діагностувати захворювання, прогнозувати та розуміти медичні дані [41, 50]. Окрім прогнозування наявності діабету в пацієнтів, у кількох дослідженнях повідомлено про розробку моделей прогнозування ускладнень діабету. Так, M.S. Islam та співавт. (2020) розробили регресійні моделі HbA1c, які відображують середню кількість глюкози, накопиченої в крові за останніх 2–3 міс, і мають прямий зв'язок з діабетом та ризиком ускладнень. Набір даних, використаний у цьому дослідженні, отримано з Мережі дослідження діабету в дітей (DirecNet) для 170 пацієнтів із ЦД 1 типу віком від 4 до 10 років. Тест на HbA1c використовують для моніторингу тривалого глікемічного контролю, коригування терапії, оцінки якості лікування та прогнозування ризику ускладнень [26].

Сучасні дані клінічних реєстрів підтверджують, що альбумінурія є ключовим раннім маркером діабетичної нефропатії. Згідно з ISPAD, мікроальбумінурія є типовим первинним виявом ураження нирок при ЦД 1 типу, а скринінг на альбумінурію — основним методом раннього виявлення діабетичної хвороби нирок [31]. Дані міжнародного реєстру SWEET також свідчать про можливість систематичного аналізу чинників ризику ускладнень із використанням великих клінічних баз даних [9].

Оскільки діабет вражає значну кількість дітей у світі, це формує велику кількість інформації про пацієнтів. Використання методів і технологій інтелектуального аналізу даних для дослідження великих обсягів інформації сприяє отриманню нових знань щодо ЦД у дітей і кращому медичному обслуговуванню в повсякденній практиці.

Аналіз великих масивів рутинно зібраних клінічних даних потребує застосування спеціалізованих методів інтелектуального аналізу даних і машинного навчання, здатних працювати з неоднорідною, неповною та динамічною медичною інформацією.

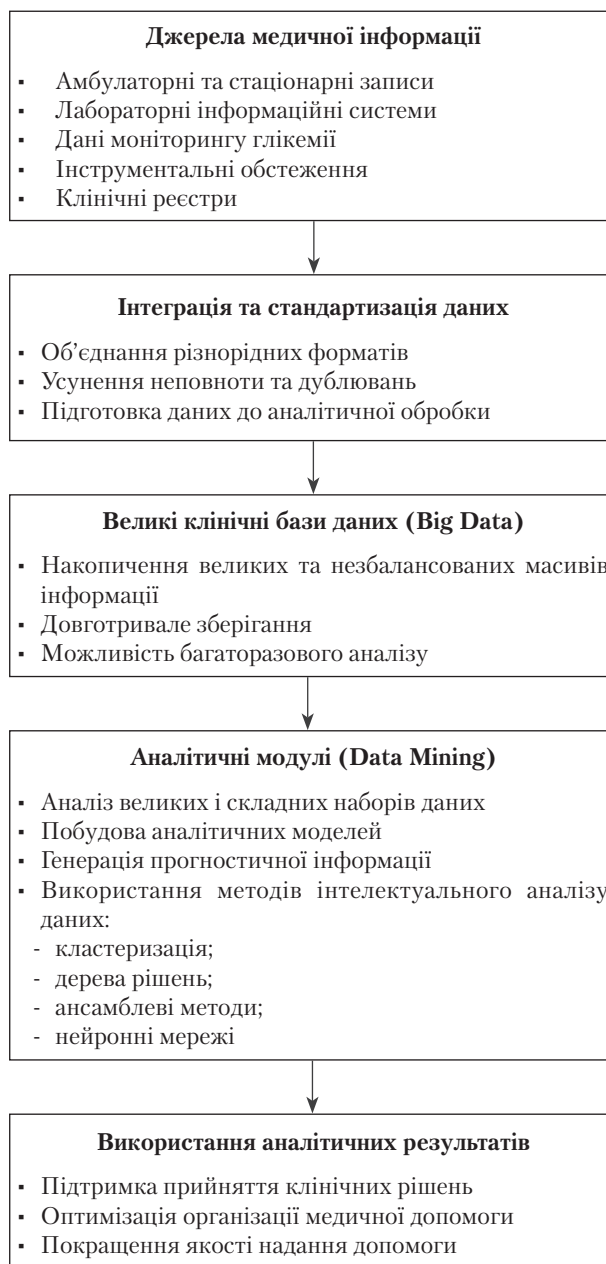


Рис. 2. Інформаційно-організаційна модель використання великих клінічних баз даних (Big Data) та методів Data Mining (кластеризація, дерева рішень, ансамблеві методи, нейронні мережі) для поліпшення надання медичної допомоги дітям із ЦД 1 типу. Адаптовано з [29, 38]

За даними систематичного огляду, найчастішими підходами до аналізу клінічних big data є нейронні мережі, метод опорних векторів, дерева рішень й ансамблеві методи, які використовують для прогнозування перебігу захворювань і підтримки клінічних рішень [40].

З урахуванням наведених підходів запропоновано інформаційно-організаційну модель використання великих клінічних баз даних і методів data mining для індивідуального прогнозування перебігу та ризику розвитку ускладнень ЦД 1 типу у дітей (рис. 2).

Аналітичний блок інформаційно-організаційної моделі містить узагальнений спектр методів інтелектуального аналізу даних, які застосовують у сучасних дослідженнях для стратифікації ризику та прогнозування перебігу ЦД 1 типу в дітей.

Запропонована інформаційно-організаційна модель відображує можливості впровадження аналітичних підходів у клінічну практику та є підґрунтям для формування систем підтримки клінічних рішень.

## Висновки

1. Перебіг ЦД 1 типу в дітей характеризується значною клінічною гетерогенністю та багатфакторністю ризику розвитку гострих і хронічних ускладнень, що обмежує можливості традиційних уніфікованих підходів до прогнозування та ведення пацієнтів і зумовлює необхідність індивідуалізованої оцінки ризику.

2. Узагальнення сучасних даних літератури свідчить, що індивідуальний прогноз перебігу захворювання має ґрунтуватися на врахуванні клінічних, лабораторних, інструментальних та психосоціальних чинників, а також на аналізі динамічних показ-

ників метаболічного контролю впродовж тривалого спостереження.

3. Запропонована клінічна концептуальна модель індивідуального прогнозування перебігу ЦД 1 типу у дітей відображує системний підхід до оцінки ризику розвитку ускладнень, свідчить про необхідність інтеграції різнорідних чинників в єдиний клінічно орієнтований прогностичний контекст.

4 Інформаційно-організаційна модель використання великих клінічних баз даних і методів Data Mining демонструє логічний ланцюг від збору та стандартизації медичної інформації до аналітичної обробки даних і формування прогнозовної інформації, що може бути використана для стратифікації пацієнтів за рівнем ризику та підтримки прийняття клінічних рішень у педіатричній ендокринології.

**Перспективи подальших досліджень** пов'язані з валідацією запропонованих моделей на основі клінічних реєстрів, розширенням спектра предикторів із залученням даних безперервного моніторингу глікемії, психосоціальних і поведінкових чинників, а також із розробкою клінічно інтерпретованих систем підтримки прийняття рішень для персоналізації ведення дітей із ЦД 1 типу.

Конфлікту інтересів немає.

Участь авторів: збирання й опрацювання матеріалів, аналіз отриманих даних, написання тексту, опрацювання літературних джерел — О.М. Одайський; концепція і дизайн дослідження, аналіз отриманих даних, написання тексту, опрацювання літературних джерел — І.О. Мітюряєва–Корнійко.

Фінансування. Дослідження виконано без залучення грантової підтримки, бюджетного чи комерційного фінансування.

Використання штучного інтелекту. Автори підтверджують, що під час написання чи редагування рукопису не використовувалися технології штучного інтелекту.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Як працює електронний реєстр пацієнтів, що потребують інсулінотерапії [Інтернет]. Київ; 2025 [цитовано 2025 Dec 14]. Доступно: <https://moz.gov.ua/uk/jak-pracjuje-elektronnij-reestr-pacientiv-scho-potrebujut-insulinoterapii>.
2. Bak JCG, Serné EH, Kramer MHH, Nieuwdorp M, Verheugt CL. National diabetes registries: do they make a difference? *Acta Diabetol.* 2021;58(3):267–278. doi: 10.1007/s00592-020-01576-8.
3. Bebu I, Braffett BH, Schade D, Sivitz W, Malone JJ, Pop-Busui R, et al. An observational study of the equivalence of age and duration of diabetes to glycemic control relative to the risk of complications in the combined cohorts of the DCCT/EDIC study. *Diabetes Care.* 2020;43(10):2478–2484. doi: 10.2337/dc20-0226.
4. Bhutta ZA, Salam RA, Gomber A, Lewis-Watts L, Narang T, Mbanya JC, et al. A century past the discovery of insulin: global progress and challenges for type 1 diabetes among children and adolescents in low-income and middle-income countries. *Lancet.* 2021;398(10313):1837–1850. doi: 10.1016/S0140-6736(21)02247-9.
5. Campbell KA. The neurobiology of childhood trauma, from early physical pain onwards: as relevant as ever in today's fractured world. *Eur J Psychotraumatol.* 2022;13(2):2131969. doi: 10.1080/2008066.2022.2131969.
6. Carlsen S, Skriverhaug T, Thue G, Cooper JG, Gøransson L, Løvaas K, Sandberg S. Glycemic control and complications in patients with type 1 diabetes: a registry-based longitudinal study of adolescents and young adults. *Pediatr Diabetes.* 2017;18(3):188–195. doi: 10.1111/peidi.12372.
7. Chen K, Abtahi F, Carrero JJ, Fernandez-Llatas C, Seoane F. Process mining and data mining applications in the domain of chronic diseases: a systematic review. *Artif Intell Med.* 2023;144:102645. doi: 10.1016/j.artmed.2023.102645.
8. Chiang JL, Maahs DM, Garvey KC, Hood KK, Laffel LM, Weinzimer SA, et al. Type 1 diabetes in children and adolescents: a position statement by the American Diabetes Association. *Diabetes Care.* 2018;41(9):2026–2044. doi: 10.2337/dci18-0023.
9. Chobot A, Lanzinger S, Alkandari H, Alonso GT, Blauensteiner N, Coles N, et al. Diabetes care practices and outcomes in 40,000 children and adolescents with type 1 diabetes from the SWEET registry during the COVID-19 pandemic. *Diabetes Res Clin Pract.* 2023;202:110809. doi: 10.1016/j.diabres.2023.110809.
10. Choi YH, Kim YT, Kang JG, Kim Y, Lee JY, Sung KC. Segment-specific analysis of carotid intima-media thickness and its association with cardiovascular risk factors in a large healthy cohort. *J Clin Med.* 2025;14(6):1918. doi: 10.3390/jcm14061918.
11. Cichosz SL, Johansen MD, Hejlesen O. Toward big data analytics: review of predictive models in management of diabetes and its complications. *J Diabetes Sci Technol.* 2016;10(1):27–34. doi: 10.1177/1932296815611680.
12. Ciężki S, Kurpiewska E, Bossowski A, Głowińska-Olszewska B. Multi-faceted influence of obesity on type 1 diabetes in children — from disease pathogenesis to complications. *Front Endocrinol (Lausanne).* 2022;13:890833. doi: 10.3389/fendo.2022.890833.
13. Craig CD, Sprang G. Gender differences in trauma treatment: do boys and girls respond to evidence-based interventions in the same way? *Violence Vict.* 2014;29(6):927–939. doi: 10.1891/0886-6708.VV-D-13-00016.
14. Diabetes Control and Complications Trial/Epidemiology of Diabetes Interventions and Complications (DCCT/EDIC) Research Group. Risk factors for cardiovascular disease in type 1 diabetes. *Diabetes.* 2016;65(5):1370–1379. doi: 10.2337/db15-1517.
15. Dovic K, Neuman V, Gita G, et al. Association of diabetic keto-

- acidosis at onset, diabetes technology uptake, and clinical outcomes after 1 and 2 years of follow-up: a collaborative analysis of pediatric registries involving 9,269 children. *Diabetes Care*. 2025;48(4):648-654. doi: 10.2337/dc24-2483.
16. Epure AM, Anker D, Di Bernardo S, da Costa BR, Sekarski N, Chiolero A. Interventions to decrease carotid-intima media thickness in children and adolescents with type 1 diabetes: a systematic review and meta-analysis. *Front Clin Diabetes Healthc*. 2022;3:882504. doi: 10.3389/fcdhc.2022.882504.
  17. Frontino G, Matarazzo M, Franceschi R, Mozzillo E, Marigliano M. Editorial: Diabetes complications in children and adolescents: from low-resource to technology-advanced countries. *Front Med (Lausanne)*. 2025;12:1567692. doi: 10.3389/fmed.2025.1567692.
  18. Glaser N, Fritsch M, Priyambada L, Rewers A, Cherubini V, Estrada S, et al. ISPAD clinical practice consensus guidelines 2022: Diabetic ketoacidosis and hyperglycemic hyperosmolar state. *Pediatr Diabetes*. 2022;23(7):835-856. doi: 10.1111/pedi.13406.
  19. Gosmanov AR, Lu JL, Sumida K, Potukuchi PK, Rhee CM, Kalantar-Zadeh K, et al. Synergistic association of combined glycemic and blood pressure level with risk of complications in US veterans with diabetes. *J Hypertens*. 2016;34(5):907-913. doi: 10.1097/HJH.0000000000000864.
  20. Gourgari E, Dabelea D, Rother K. Modifiable risk factors for cardiovascular disease in children with type 1 diabetes: can early intervention prevent future cardiovascular events? *Curr Diab Rep*. 2017;17(12):134. doi: 10.1007/s11892-017-0968-y.
  21. Hoque DME, Kumari V, Hoque M, Ruseckaite R, Romero L, Evans SM. Impact of clinical registries on quality of patient care and clinical outcomes: a systematic review. *PLoS One*. 2017;12(9):e0183667. doi: 10.1371/journal.pone.0183667.
  22. Hosoda-Urban T, O'Donnell EH. Diabetes-related posttraumatic stress symptoms in adolescents and young adults with type 1 diabetes: a pilot study. *J Acad Consult Liaison Psychiatry*. 2024;65(3):248-253. doi: 10.1016/j.jaclp.2024.01.003.
  23. Huang SK, Huang CY, Lin CH, Cheng BW, Chiang YT, Lee YC, et al. Acute kidney injury is a common complication in children and adolescents hospitalized for diabetic ketoacidosis. *PLoS One*. 2020;15(10):e0239160. doi: 10.1371/journal.pone.0239160.
  24. International Consortium for Health Outcomes Measurement (ICHOM). Type 1 and Type 2 Diabetes in Adults: Data Collection Reference Guide [Internet]. Version 1.0.0. Boston: ICHOM; 2019 [cited 2024 Apr 25]. Available from: <https://ichom.org/files/medical-conditions/diabetes-in-adults/dia-reference-guide.pdf>.
  25. Isik G, Aydin C. The effect of serum biochemical parameters on clinical prognosis in children presenting with diabetic ketoacidosis. *Rev Assoc Med Bras (1992)*. 2024;70(7):e20240242. doi: 10.1590/1806-9282.20240242.
  26. Islam MS, Qaraqe MK, Belhaouari SB. Early prediction of hemoglobin A1c: a novel framework for better diabetes management. In: 2020 IEEE Symposium Series on Computational Intelligence (SSCI); 2020. p. 542-547.
  27. Jensen ET, Rigdon J, Rezaei KA, et al. Prevalence, progression, and modifiable risk factors for diabetic retinopathy in youth and young adults with youth-onset type 1 and type 2 diabetes: the SEARCH for Diabetes in Youth Study. *Diabetes Care*. 2023;46(6):1252-1260. doi: 10.2337/dc22-2503.
  28. Jørgensen ME, Kristensen JK, Reventlov Husted G, Cerqueira C, Rossing P. The Danish Adult Diabetes Registry. *Clin Epidemiol*. 2016;8:429-434. doi: 10.2147/CLEP.S99518.
  29. Khurshid MR, Manzoor S, Sadiq T, Hussain L, Khan MS, Dutta AK. Unveiling diabetes onset: optimized XGBoost with Bayesian optimization for enhanced prediction. *PLoS One*. 2025;20(1):e0310218. doi: 10.1371/journal.pone.0310218.
  30. Lebois LAM, Kumar P, Palermo CA, Lambros AM, O'Connor L, Wolff JD, et al. Deconstructing dissociation: a triple network model of trauma-related dissociation and its subtypes. *Neuropsychopharmacology*. 2022;47:2261-2270. doi: 10.1038/s41386-022-01468-1.
  31. Libman I, Haynes A, Lyons S, Pradeep P, Rwigasor E, Tung JY, et al. ISPAD Clinical Practice Consensus Guidelines 2022: Definition, epidemiology, and classification of diabetes in children and adolescents. *Pediatr Diabetes*. 2022;23(8):1160-1174. doi: 10.1111/pedi.13454.
  32. Lind M, Pivodic A, Svensson AM, Ólafsdóttir AF, Wedel H, Ludvigsson J. HbA1c level as a risk factor for retinopathy and nephropathy in children and adults with type 1 diabetes: Swedish population based cohort study. *BMJ*. 2019;366:l4894. doi: 10.1136/bmj.l4894.
  33. Markowitz JT, Garvey KC, Laffel LM. Developmental changes in the roles of patients and families in type 1 diabetes management. *Curr Diabetes Rev*. 2015;11(4):231-238. doi: 10.2174/1573399811666150421114146.
  34. Meena J, Yadav J, Kumar J, Dawman L, Tiewosh K, Mittal A, et al. Incidence, predictors, and short-term outcomes of acute kidney injury in children with diabetic ketoacidosis: a systematic review. *Pediatr Nephrol*. 2023;38(7):2023-2031. doi: 10.1007/s00467-023-05878-1.
  35. Ndjaboue R, Farhat I, Ferlatte CA, et al. Predictive models of diabetes complications: protocol for a scoping review. *Syst Rev*. 2020;9:137. doi: 10.1186/s13643-020-01391-w.
  36. Raghunathan V, Jevalikar G, Dhaliwal M, et al. Risk factors for cerebral edema and acute kidney injury in children with diabetic ketoacidosis. *Indian J Crit Care Med*. 2021;25(12):1446-1451. doi: 10.5005/jp-journals-10071-24038.
  37. Rugg-Gunn CEM, Dixon E, Jorgensen AL, et al. Factors associated with diabetic ketoacidosis at onset of type 1 diabetes among pediatric patients: a systematic review. *JAMA Pediatr*. 2022;176(12):1248-1259. doi: 10.1001/jamapediatrics.2022.3586.
  38. Rumbold JMM, O'Kane M, Philip N, Pierscionek BK. Big data and diabetes: the applications of big data for diabetes care now and in the future. *Diabet Med*. 2020;37(2):187-193. doi: 10.1111/dme.14044.
  39. Shaltout AA, Channanath AM, Thanaraj TA, Omar D, Abdulsoul M, Zanaty N, et al. Ketoacidosis at first presentation of type 1 diabetes mellitus among children: a study from Kuwait. *Sci Rep*. 2016;6:27519. doi: 10.1038/srep27519.
  40. Shillan D, Sterne JAC, Champneys A, Gibbison B. Use of machine learning to analyse routinely collected intensive care unit data: a systematic review. *Crit Care*. 2019;23:284. doi: 10.1186/s13054-019-2564-9.
  41. Sun W, Cai Z, Li Y, Liu F, Fang S, Wang G. Data processing and text mining technologies on electronic medical records: a review. *J Healthc Eng*. 2018;2018:4302425. doi: 10.1155/2018/4302425.
  42. Taipalus T, Isomöttönen V, Erkkilä H, Äyrämö S. Data analytics in healthcare: a tertiary study. *SN Comput Sci*. 2023;4:87. doi: 10.1007/s42979-022-01507-0.
  43. Valero-Guzmán L, Vázquez-Hoyos P, Camacho-Cruz J, Maya-Hijuelos LC, Martínez-Lozada S, Rubiano-Acevedo AM, et al. Difference in the duration of pediatric diabetic ketoacidosis: comparison of new-onset to known type 1 diabetes. *Pediatr Diabetes*. 2020;21(5):791-799. doi: 10.1111/pedi.13007.
  44. van Smeden M, Reitsma JB, Riley RD, Collins GS, Moons KGM. Clinical prediction models: diagnosis versus prognosis. *J Clin Epidemiol*. 2021;132:142-145. doi: 10.1016/j.jclinepi.2021.01.009.
  45. Velayutham V, Benitez-Aguirre P, Craig M, Cho YH, Liew G, Donaghue K. Cardiac autonomic nerve dysfunction predicts incident retinopathy and early kidney dysfunction in adolescents with type 1 diabetes. *Diabetes Care*. 2022;45(10):2391-2395. doi: 10.2337/dc22-0349.
  46. Virk SA, Donaghue KC, Cho YH, Benitez-Aguirre P, Hing S, Pryke A, et al. Association between HbA1c variability and risk of microvascular complications in adolescents with type 1 diabetes. *J Clin Endocrinol Metab*. 2016;101(9):3257-3263. doi: 10.1210/jc.2015-3604.
  47. Vurali D, Jalilova L, Alikasıfoğlu A, Özön ZA, Gönc EN, Kandımir N. Cardiovascular risk factors in adolescents with type 1 diabetes: prevalence and gender differences. *J Clin Res Pediatr Endocrinol*. 2024;16(1):11-20. doi: 10.4274/jcrpe.galenos.2023.2023-12-12.
  48. Wei Y, Wu C, Su F, Zhang H, Zhang J, Zheng R. Clinical characteristics and outcomes of patients with diabetic ketoacidosis of different severity. *Medicine (Baltimore)*. 2020;99(45):e22838. doi: 10.1097/MD.00000000000022838.
  49. Wong TY, Sabanayagam C. The war on diabetic retinopathy: where are we now? *Asia Pac J Ophthalmol (Phila)*. 2019;8(6):448-456. doi: 10.1097/APO.0000000000000267.
  50. Wu WT, Li YJ, Feng AZ, Li L, Huang T, Xu AD, et al. Data mining in clinical big data: the frequently used databases, steps, and methodological models. *Mil Med Res*. 2021;8(1):44. doi: 10.1186/s40779-021-00338-z.

## Individualized prediction of the course and complications of type 1 diabetes in children: the role of large-scale clinical data and Data Mining methods (review)

O.M. Odayskyi, I.O. Mitiuriaieva-Korniiko  
Bogomolets National Medical University, Kyiv

**Objective** — to summarize current scientific data on the use of large clinical databases, electronic medical records, and clinical registries in children with type 1 diabetes mellitus and to assess the potential of applying Big Data and Data Mining methods for developing individualized prediction models and to support clinical decision-making

**Materials and methods.** An analytical review of recent scientific publications was performed. The review focused on the development of clinical registries, integration of electronic medical data, and the use of Data Mining and machine learning methods in pediatric endocrinology. Systematic synthesis, comparative analysis, and evidence generalization were applied to evaluate clinical and populationbased studies, systematic reviews, and metaanalyses describing risk stratification and predictive modeling in children with type 1 diabetes.

**Results and discussion.** The analysis of the literature enabled the systematization of clinical, metabolic, vascular, and psychosocial factors influencing the course of type 1 diabetes in children and to identify key sources of structured medical data. Based on the synthesis of the available evidence, two conceptual models were developed. The first model describes the integration of heterogeneous medical data sources (clinical records, laboratory results, continuous glucose monitoring data, registry and organizational data) with their standardization and accumulation into large clinical databases (Big Data). The second model presents an algorithm for applying Data Mining and machine learning methods to identify important predictors, stratify patients according to individual risk, and develop predictive models. Diabetes complications are considered as clinically significant endpoints that allow assessment of the effectiveness of analytical approaches. These findings support the transition from isolated parameter analysis to system-level modeling of disease progression based on multifactorial data interactions

**Conclusions.** The synthesis of current scientific evidence demonstrates the potential of large clinical datasets (Big Data) and Data Mining methods for individualized prediction of the course of type 1 diabetes in children. The developed conceptual models of data integration and analytical processing show the possibility of creating clinical decisionsupport systems aimed at early identification of highrisk groups and personalization of monitoring and treatment strategies. Future research should focus on improving data quality, expanding interregistry data integration, adapting machine learning algorithms to pediatric populations, and conducting external validation of predictive models in different regions.

**Keywords:** type 1 diabetes mellitus, pediatric patients, individualized prediction, diabetes complications, Data Mining, Big Data, personalized medicine.

### ДЛЯ ЦИТУВАННЯ • FOR CITATION

- Одайський ОМ, Мітюряєва-Корнійко ІО. Індивідуальне прогнозування перебігу та ускладнень цукрового діабету 1 типу в дітей: роль великих клінічних даних і методів data mining (огляд літератури). Український журнал дитячої ендокринології. 2026;1:13-22. doi: 10.30978/UJPE2026-1-13.
- Odayskyi OM, Mitiuriaieva-Korniiko IO. [Individualized prediction of the course and complications of type 1 diabetes in children: the role of large-scale clinical data and data mining methods (review)]. Ukrainian Journal of Pediatric Endocrinology. 2026;1:13-22. <http://doi.org/10.30978/UJPE2026-1-13>. Ukrainian.