

УДК 543.544:61

Н.В. Ковалишин¹, Х.В. Алмашина², О.В. Кузишин¹, Л.Я. Мідак¹

Біохемія цукрового діабету: 2. Експериментальна частина – 1

¹Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника,
вул. Шевченка, 57, м. Івано-Франківськ, 76025, Україна

²Національний медичний університет імені О.О. Богомольця,
проспект Перемоги, 34, м. Київ, 01001, Україна

Робота присвячена виявленню кореляційних зв'язків між результатами вмісту глюкози в капілярній крові та плазмі крові, отриманих на низці приладів за певними методами. Показано: результати за вмістом глюкози в капілярній крові, артеріальний тиск та пульс підпорядковані нормальному закону розподілу Гаусса; розсіяння цих результатів за 9000 год. дослідження хворого на цукровий діабет, порівняно із середніми та інтервальними нормальними показниками.

Ключові слова: цукровий діабет, глюкоза, інсулін.

N.V. Kovalyshyn¹, Kh.V. Almashyna², O.V. Kuzyshyn¹, L.Ya. Midak¹

Biochemistry of the Diabetes: 2. Experimental Part – 1

¹Vasyl Stefanyk' Precarpathian National University,
57, Shevchenko Str., Ivano-Frankivsk, 76025, Ukraine

²Bogomolets National Medical University,
34, Peremogy Av., Kyiv, 01001, Ukraine

The work is devoted to finding correlations between the results of glucose in capillary blood and plasma obtained on a number of devices for specific methods. It have been shown that the results for glucose in capillary blood, blood pressure and pulse controlling the normal Gaussian distribution law; the scattering of these results for 9000 hours of research of patient with diabetes compared with average and interval normal indices.

Key words: diabetes, glucose, insulin.

Стаття постуила до редакції 20.04.2010; прийнята до друку 28.05.2010.

Вступ

Кількість хворих людей на цукровий діабет у світі неперервно зростає. На сьогодні, за різними оцінками, ~120 – 240 млн. чоловік (~2 – 4% всього людства) на Землі страждають від цукрового діабету, тобто значна частина людства не живе повноцінним життям і раніше за інших вмирає від хвороб, спричинених цукровим діабетом.

У роботі [1] розглянуто історію хвороби, анатомо-фізіологічні та біохемічні дані, роль глюкози в життєдіяльності організмів, причини виникнення, епідеміологію, класифікацію, клінічні симптоми і біохемію, діагностику, основні принципи лікування (дієтотерапія, фармакотерапія, інсулінотерапія) цукрового діабету,

діабетичні ангіопатії та нейропатії. У роботі [1] розглянуто також особливості механізмів дії на організм інсуліну та глюкози, цукровий діабет типу 1 і типу 2; вивчено, проаналізовано та обґрунтовано зміну фізіологічних параметрів, пов'язаних із захворюванням на цукровий діабет.

У даній роботі досліджується цукровий діабет 2 типу. Цукровий діабет типу 2 є гетерогенним захворюванням, основу якого становить інсулінорезистентність і недостатність функції β -клітин [2]. Базується цей тип захворювання на генетичній схильності, а основним провокуючим фактором є ожиріння. Генетична схильність до цього типу вища, ніж до цукрового діабету типу 1.

Зовнішні (пускові) фактори діабету типу 2 численні, серед них провідну роль відіграють:

ожиріння, особливо центральний або абдомінальний його типи, **вік**, **гіподинамія**, **вагітність та інші**. Відомі причини, наявність яких робить захворювання цукровим діабетом більш ймовірним. На сьогодні науковці не мають однозначних відповідей на причини захворювання цукровим діабетом, принаймні з різним ступенем ймовірності можна стверджувати про такі основні фактори ризику на захворювання цукровим діабетом [1–5]:

- спадкова обтяженість (наявність серед близьких родичів хворих на цукровий діабет), у тому числі й генетичні дефекти;
- вік понад 40 років (частота захворювань на цукровий діабет з віком, особливо після 60 років, зростає);
- надмірна маса тіла й ожиріння;
- патологія вагітності (плід масою понад 4 кг, природжені вродливості плода, мертвородження, глюкозурія під час вагітності);
- підвищена маса тіла на час народження;
- гормональні порушення, тривале вживання гормональних препаратів;
- виражений атеросклероз, гіпертонічна хвороба, інфаркт міокарду, порушення мозкового кровообігу, облітеруючий атеросклероз судин нижніх кінцівок;
- часте та тривале вживання сильних антибіотиків;
- епізодичні гіперглікемії та глюкозурії, виявлені під час стресових ситуацій (операцій, травм, інфекцій тощо);
- рани, які тривалий час не загоюються; ураження шкіри (піодермія, мікози, вульвіт, баланіт тощо), катаракта, ксантоми, ксантелазми;
- спонтанні гіпоглікемії;
- хронічні захворювання **печінки, підшлункової залози** (панкреатит, пістряк тощо), хвороби інших залоз внутрішньої секреції; нирок; пародонтоз, фурункульоз;
- супутні захворювання залоз внутрішньої секреції (дифузний токсичний зоб, акромегалія, гіперкортицизм, феохромоцитома тощо);
- тривале вживання медикаментів (глюкокортикоїдів, тіазидних діуретиків, **гіпотензивних препаратів**, оральних контрацептивів тощо); вживання сильнодіючих медикаментозних препаратів;
- хемічні отруєння, попадання в організм токсичних речовин через повітря, воду, їжу;
- інфекційні хвороби, в т.ч. і вірусні, включаючи і вірус грипу;
- виснаження імунної системи;
- систематичне нервово та психічне перенапруження;
- тривале зловживання алкогольними напоями, наркотичними речовинами; тютюно-куріння;
- вживання «сучасної» або «сурогатної» їжі –

рафінованої, з ГМО, з біологічно активними, смаковими, модифікуючими, консерваційними тощо добавками, а також їжа, що багата на легкозсмоктуючі вуглеводи, та інші причини.

Інсулінорезистентність визначається як порушена метаболічна відповідь на екзогенний чи ендогенний інсулін. Вона призводить до підвищеного рівня інсуліну в плазмі крові в порівнянні з необхідним для даного рівня глюкози. **Інсулінорезистентність** як основа патогенезу цукрового діабету типу 2 виявляється у 85% хворих. Вона може бути генетично обумовленою, набутою або змішаною, унаслідок чого розвивається компенсаторна гіперінсулінемія, гіперглікемія. Це призводить до збільшення надходження глюкози в клітини, зниження чутливості, а потім – блокади інсулінових рецепторів. Гіперінсулінемія сприяє депонуванню глюкози та жиру в жирових депо, що збільшує інсулінорезистентність, завдяки чому розвивається ожиріння. Гіперглікемія пригнічує секрецію β -клітин (глюкозотоксичність), вони виснажуються, що призводить до розвитку абсолютної інсулінової недостатності.

Механізми розвитку інсулінорезистентності при цукровому діабеті типу 2 гетерогенні. Стан тривалої декомпенсації цукрового діабету з високою гіперглікемією сприяє глюкозотоксичності, яка спричинює зниження чутливості β -клітин, що супроводжується зменшенням їх секреторної активності. Це, поряд із порушенням інсулінорецепторної взаємодії (зменшення кількості рецепторів до інсуліну, зниження їх афінності), супроводжується посиленням клінічних проявів інсулінорезистентності.

Ожиріння є провідним зовнішнім фактором у розвитку цукрового діабету типу 2. Клінічні спостереження показали, що ризик розвитку цукрового діабету типу 2 при ожирінні I ступеня збільшується в 3 рази, при ожирінні II ступеня – у 5 разів, а за наявності ожиріння III ступеня – у 10 разів. Особливе значення має абдомінальне (андроїдне, вісцеральне) ожиріння. Останнім часом із жирової тканини виділено гормон лептин, який впливає на апетит і регулює кількість жирової тканини в організмі.

Основу патогенезу цукрового діабету типу 2 становить зниження чутливості до інсуліну і порушення його секреції. У здорових людей секреція інсуліну відбувається хвилеподібно у відповідь на збільшення рівня глюкози. Рівень інсуліну різко знижується через 10–20 хв., і відновлюється чутливість інсулінових рецепторів. У хворих на цукровий діабет типу 2 перша (швидка) фаза секреції інсуліну, яка полягає у вивільненні везикул від накопиченого інсуліну, уповільнена або відсутня. Друга фаза (уповільнена) проявляється гіперінсулінемією та гіперглікемією [2]. При цьому має місце гіперглюкагонемія. Важливу фізіологічну роль при

цьому відіграє передчасне вивільнення проінсуліну з везикул β -клітин, що призводить до появи в кров'яному руслі значної кількості проінсуліну, який не впливає на рівень глікемії, але має значні атерогенні властивості [2].

У м'язах здорових людей утилізується і відкладається у вигляді глікогену до 75% використаної глюкози. У зв'язку з інсуліно-резистентністю при цукровому діабеті типу 2 цей процес гальмується. Певну роль у цьому відіграє мутація в генах, що кодує білки-транспортери глюкози (ГЛЮТ), які забезпечують рух глюкози всередині клітини. Основним транспортером глюкози в ліпоцитах є ГЛЮТ-4. У хворих на цукровий діабет типу 2 з ожирінням вміст ГЛЮТ-4 знижується на 80%. З іншого боку, мутації гена ГЛЮТ-4 трапляються й у здорових людей. Високий рівень вільних жирних кислот гальмує функцію транспортера ГЛЮТ-2 у β -клітинах. Унаслідок цього порушується чутливість їх до глюкози, що відіграє провідну роль у розвитку гіперінсулінемії [2]. Обтяжливим елементом патогенезу цукрового діабету типу 2 є метаболічний синдром, який об'єднує інсуліно-резистентність, ожиріння, дисліпопротеїдемію та артеріальну гіпертензію [2].

На сьогодні механізм дії всіх цих факторів ризику по одинці, а тим більше у комплексі, залишається невиявленим. Вважається, що цукровий діабет є хворобою, яку неможливо вилікувати. Останні дослідження дають надію на розкриття та виліковність цукрового діабету типу 2 [3].

Тому будь-яке накопичення інформації, будь-які дослідження з проблеми цукрового діабету заслуговують на увагу.

Мета роботи полягала в проведенні статистичної обробки експериментальних результатів визначення рівня глюкози в крові, артеріального тиску та пульсу хворого С. на протязі 9000 год.

I. Експериментальна частина

Цукровий діабет хворого С. був виявлений 30.04.2008 року за різким погіршенням зору правого ока (тромбоз ЦВС, частинна атрофія здорового нерва) [1]. Вихідні дані на 30.04.2008 р.: вміст глюкози в цільній капілярній крові – 7,2 ммоль/л, глюкоза в сечі – 1 мг/л.

1. Об'єкт дослідження: хворий С. мав такі дані на 4.07.2010 р.: стать – чол.; вік 69 років; зріст 169 см; вага 94,4 кг; BF (відсоток жиру) = 31,9 %; BW (відсоток гідратації) = 46,8 %; останні параметри в N. для віку більше тридцяти років: BF = 19,6 – 24,0%; BW = 55,2 – 52,3%; оцінка «товстий»: BF = 28,6 – 45%; BW = 49,9 – 37,8%.

06.08.2010 р. проведені контрольні вимірювання:

- натще, до навантаження (8:00 год. ранку), вміст глюкози у плазмі крові $Hb_0' = 6,7$ ммоль/л; вміст глюкози у цільній крові $Hb_0 = 6,0$ ммоль/л; артеріальний тиск $p = 126/72$ мм Hg; частота пульса $N_0 = 73$ пошт./хв.;
- після навантаження натще (3000 рухів + 500 м бігу + 150 сходинок вгору на 9 поверх; через 1 хв. відпочинку, 9:45 год.): $Hb_1' = 6,0$ ммоль/л; $Hb_1 = 5,3$ ммоль/л; $p_1 = 169/76$ мм Hg; $N_0 = 130$ пошт./хв.;
- після сніданку, обіду о 20:00 год.: $Hb_2' = 11,8$ ммоль/л; $Hb_2 = 10,5$ ммоль/л; $p_2 = 141/75$ мм Hg; $N_0 = 87$ пошт./хв.

2. Прилади та методи дослідження.

• **Технічні характеристики приладів, які використані до 12.07.2010 р.**

2.1. Тонometr для вимірювання артеріального тиску і частоти пульсу UA-705 напівавтоматичний («A and D» Company Ltd., Tokyo, Japan, «AD» Com. Ltd.) [6, 7] (табл. 1).

Таблиця 1

Технічні характеристики тонометра для вимірювання артеріального тиску UA-705

| | | |
|---|-------------------------------|--|
| Метод вимірювання | | Осцилометричний |
| Межі вимірювань | | 20 – 280 мм.рт.ст. (тиск) |
| | | 40 – 200 пошт./хв.(пульс) |
| Похибка вимірювань | Тиск | ≤ 3 мм.рт.ст. у діапазоні 40 – 150 мм.рт.ст. $\leq 2\%$ в діапазоні 150 – 280 мм.рт.ст |
| | Пульс | $\leq 5\%$ від показників |
| Інтервал \min тиску | | 1 мм.рт.ст |
| Спосіб помпування манжети | | Ручний з допомогою помпи |
| Спосіб випускання повітря з манжети | | Автоматичний |
| Джерело живлення | | 1 елемент типу AA, R6 |
| Тривалість роботи від елемента живлення | | 2000 вимірювань |
| Умови експлуатації | зберігання та транспортування | |
| Температура | +10°...+40°С | -10°...+60°С |
| Вологість | $\leq 85\%$ | $\leq 85\%$ |

• Технічні характеристики приладів, які використані після 12.07.2010 р.

2.2. Тонometr для вимірювання артеріального тиску і частоти пульсу цифровий LD автоматичний («Little Doctor» LD6 Int. (S) Pte. Ltd., Shanghai Int. Trading Corp. GmbH, Hamburg, Germany) [8]:

- Модель: LD – N057.
- Стабілізоване джерело електроживлення: AC/DC Adapter.
- Метод вимірювань: осцилометричний.
- Індикатор: рідкокристалічний чотири стрічковий.
- Діапазон вимірювань: $\Delta p = 40 - 260$ мм.рт.ст. (тиск); $\Delta N = 40 - 160$ пошт./хв. (частота пульсу). Індикація аритмії.
- Пам'ять: 2 блока пам'яті по 6 комірок кожний, 2×6 вимірювань + середнє значення трьох останніх вимірювань.
- Похибка вимірювань: $\Sigma(\Delta p) = \pm 3$ мм.рт.ст. (тиск); $\Sigma(\Delta N) = 5\%$ від показників (частота пульсу).
- Нагнітання та скидання тиску: автоматичне.
- Є час і дата вимірювання.
- Максимальна споживча потужність: 3,6 Вт.
- Електроживлення: 4 елемента живлення AA \times 1,5 В (LR6); або джерело електроживлення (6В; 600мА).
- Умови експлуатації:
 - а) температура: $+10 \dots +40^\circ\text{C}$;
 - б) відносна вологість: $\leq 85\%$.
- Умови зберігання та транспортування:
 - а) температура: $-20 \dots +50^\circ\text{C}$;
 - б) відносна вологість: $\leq 85\%$.
- Термін роботи:
 - а) приладу зі джерелом електроживлення: 7 років;
 - б) манжети: 3 роки.

2.3. Прилад для визначення вмісту глюкози у цільній капілярній та в плазмі крові «Accu-Chek Active» фірми «Roche Diagnostics» Компанії групи «Hoffmann-La Roche Ltd.» [9]:

- Принцип контролю: рефлексійний фотометричний свіжої капілярної крові, автоматичний.
- Діапазон контролю: 0,6 – 33,3 ммоль/л.
- Час вимірювання: 5 с (при нанесенні крові на тест-смужку, що встановлена в приладі).
- Мінімальний об'єм капілярної краплі крові: 2 мкл.
- Об'єм пам'яті: 200 значень рівня глюкози (+час і дата) за останні 7 або 14 днів.
- Дисплей: рідкокристалічний, 90 сегментів.
- Можливість нанесення краплі крові на тест-смужку в приладі та поза приладом.
- Кодування за допомогою кодової платівки тест-смужки.
- Візуальний контроль на екрані після проведення аналізу.

- Можливість розрахунку середнього значення і рівня глюкози за останні 7 та 14 днів.
- Можливість бездротової передачі даних у персональний комп'ютер через інфрачервоний портал.
- Зміна тест-смужок дозволяє визначити рівень глюкози в капілярній крові або плазмі крові (в першій Нв менше, ніж у другій на 11 – 12%).
- Умови експлуатації:
 - а) температура: $+10 \dots +40^\circ\text{C}$; ($+5 \dots +45^\circ\text{C}$ з меншою точністю).
 - б) відносна вологість: $\leq 85\%$.
- Умови зберігання та транспортування:
 - а) температура: $-40 \dots +70^\circ\text{C}$;
 - б) відносна вологість: $\leq 85\%$.
- Автоматичне відключення через 1-2 хв. після останнього натискання на пипку.
- Живлення: 1 літєва батарейка типу CR2032.
- Термін роботи: 1000 контролів-батарейки вимірювань протягом 1 року.

2.4. Біохемічні показники в нормі та при патології [5–9].

Світовим стандартом по відношенню до норм артеріального тиску є Класифікація Всесвітньої Організації Охорони Здоров'я, що створена в 1999 році при сумісній участі експертів Всесвітньої Організації Охорони Здоров'я (ВООЗ) та Міжнародної спілки по проблемах артеріальної гіпертензії (МОГ) на підставі результатів широкомасштабних досліджень.

Прилад UA-705 та («Little Doctor» LD6) дає оцінку величини артеріального тиску за класифікації ВОЗ (табл. 2) [7].

На величину артеріального тиску впливає багато факторів: фізичне навантаження, психоемоційний стан, вживання кави та міцних чаїв, різка зміна погоди, стрес тощо. Ці фактори приводять до різних коливань рівня артеріального тиску та викривляють інформацію про дійсний рівень артеріального тиску. Більш точним та інформативним показником дійсного рівня артеріального тиску є величина середнього тиску.

Осереднені значення вимірювань тиску у різні дні уявляють собою більш точну інформацію про навантаження на кровоносну систему, ніж значення разових вимірювань. Вимірювання рівня тиску на протязі доби зведені до рис. 1 [7].

Таблиця 2
Класифікації ВООЗ норм артеріального тиску (АТ) [7]

| Категорія АТ | Систолічне (SIS) мм. рт. ст. | Діастолічне (DIS) мм. рт. ст. |
|----------------------|---------------------------------|----------------------------------|
| Гіпертонія ступінь 3 | >180 | >110 |
| Гіпертонія ступінь 2 | 160-179 | 100-109 |
| Гіпертонія ступінь 1 | 140-159 | 90-99 |
| Високий нормальний | 130-139 | 85-89 |
| Нормальний | <130 | <85 |
| Оптимальний | <120 | <80 |

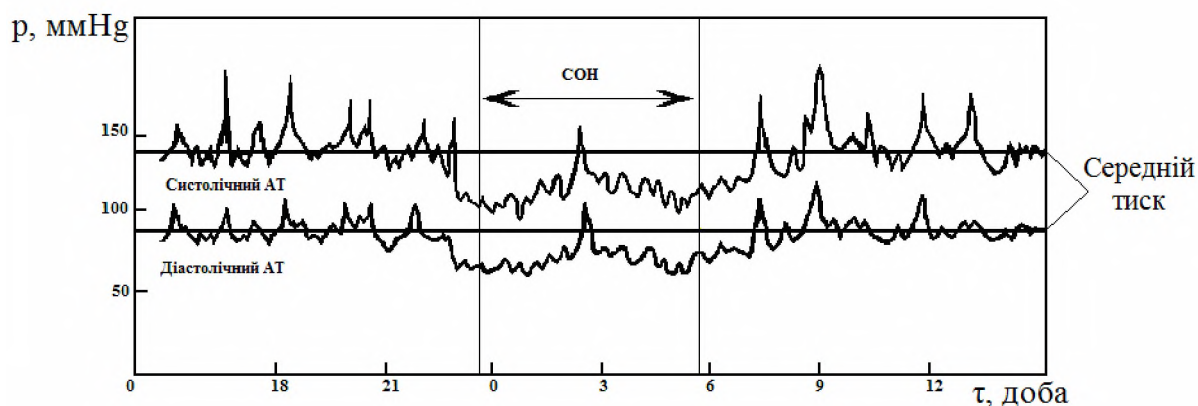


Рис. 1. Результати зміни артеріального тиску на протязі доби у хворого з категорією АТ «високий нормальний» [7].

Таблиця 3

Критерії діагностики цукрового діабету та інших категорій гіперглікемії (ВООЗ, 1999) [5]

| Діагноз | Концентрація глюкози, ммоль/л | | | |
|---|-------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | Цільна кров | | Плазма | |
| | Венозна | Капілярна | Венозна | Капілярна |
| Цукровий діабет: • Натще • Через 2 год. після навантаження глюкозою (75г) | $\geq 6,1$ $\geq 10,0$ | $\geq 6,1$ $\geq 11,1$ | $\geq 7,0$ $\geq 11,1$ | $\geq 7,0$ $\geq 12,2$ |
| Порушена толерантність до глюкози: • Натще • Через 2 год. після навантаження глюкозою (75г) | $< 6,1$ 6,7-10,0 | $< 6,1$ 7,8-11,1 | $< 7,0$ 7,8-11,1 | $< 7,0$ 8,9-12,2 |
| Порушена глікемія: • Натще • Через 2 год. після навантаження глюкозою (75г) | 5,6-6,1 $< 6,7$ | 7,8-11,1 $< 7,8$ | 7,8-11,1 $< 7,8$ | 8,9-12,2 $< 8,9$ |

2.5. Рівень глюкози в крові.

Рівень глюкози в крові (глікемія) є визначальним показником під час діагностики цукрового діабету і рекомендується експертами ВООЗ для визначення натще та протягом доби. Нормальний рівень глікемії в здорової людини натще коливається в межах 3,3-5,5 ммоль/л (80-120 мг%), а протягом доби від 4 до 8-9 ммоль/л залежно від функціонального стану органів і систем та вживання продуктів харчування [5].

У табл. 3 наведено критерії діагностики цукрового діабету та інших категорій гіперглікемії, згідно з даними ВООЗ (1999) [5]. Діагноз цукрового діабету встановлюють, якщо визначають глікемію натще (5,1 ммоль/л та більше (за умови попереднього голодування не менше як 8-12 год.) або випадково серед доби від 11 ммоль/л (за наявності класичних симптомів захворювання). Для підтвердження результатів аналізу необхідно повторити 2-3 рази в інші дні [5].

За наявності сумнівних, а також невизначених результатів під час проведення скринінгу цукрового діабету проводять глюкозну

провокацію – пероральний тест на толерантність до глюкози (глюкозо-толерантний тест) [5].

За даними фірми «Roche Diagnostics» (інструкція-реклама до приладу «Accu-Chek Active») інтервал нормальних значень рівня глюкози в крові натще для здорової дорослої людини дорівнює: 3,9 – 6,1 ммоль/л значень у плазмі, або 3,5 – 5,4 ммоль/л у цільній крові [9].

Добова динаміка нормальних показників обміну вуглеводів у крові здорових людей за [5] приведена в табл. 4.

За [5] контролю за вмістом глюкози в крові здійснюється шляхом узгодженої дії різних гормонів – інсуліну та контрегуляторних гормонів (глюкагону, кортизолу, катехоламінів, гормону росту тощо) та впливу нервової системи (табл. 5, 6). У табл. 5 приведені показники концентрації глюкози в крові за глюкозооксидазним та ортотолуїдиновим методами і за методом Хагедорна-Єнсена [5].

У табл. 6 приведені нормальні показники вмісту глюкози в сироватці крові здорових людей, яка визначена за глюкозооксидазним методом у залежності від віку людини [5].

Таблиця 4

Добова динаміка показників обміну вуглеводів у крові здорових людей [5]

| Показник, одиниці СІ | Період доби, год. | | | |
|--|-------------------|------------|------------|------------|
| | 2 | 9 | 15 | 21 |
| Глюкоза, ммоль/л | 5,32±0,2 | 5,22±0,14 | 4,51±0,15 | 4,31±0,11 |
| Глікоген, г/л | 0,21±0,01 | 0,28±0,013 | 0,29±0,015 | 0,22±0,009 |
| Піровиноградна кислота (піруват), мкмоль/л | 55,6±4,5 | 114,7±6,8 | 144,2±6,4 | 162,4±6,4 |
| Молочна кислота (лактата), ммоль/л | 0,66±0,04 | 0,63±0,005 | 1,04±0,06 | 0,92±0,07 |

Таблиця 5

Концентрація глюкози в крові [5]

| Показник | Досліджуваний матеріал | Одиниці СІ, ммоль/л |
|--------------------------------|----------------------------|------------------------|
| Глюкоза: | | |
| а) глюкооксидазний метод: | Сироватка, Плазма крові | 1,67-2,77 3,6-7,1 |
| • новонароджені | | |
| • дорослі | | |
| б) ортотолуїдиновий метод: | Кров | 3,55-5,55 3,33-5,55 |
| • новонароджені | | |
| • дорослі | | |
| в) за методом Хагедорна-Єнсена | Кров | 4,4-6,6 |
| • дорослі | | |

Таблиця 6

Вміст глюкози в сироватці крові здорових людей [5]

| Показник | Вік, роки, стать | Досліджуваний матеріал | Одиниці СІ, ммоль/л |
|---|------------------|------------------------|---------------------|
| Глюкоза: | 20-29 | | |
| | Чоловіки | | 3,4-6,7 |
| | Жінки | | 3,5-6,7 |
| • метод глюкозооксидазний; | 30-39 | | 3,5-6,7 |
| • концентрація глюкози в сироватці крові на 12% вище, ніж у цільній крові | 40-49 | | 3,4-7,0 |
| | 50-59 | Сироватка крові | 3,6-7,1 |
| | 60-69 | | |
| | Чоловіки | | 3,3-7,4 |
| | Жінки | | 3,4-7,4 |
| | 70 і старші | | 2,9-7,5 |

Порушення обміну вуглеводів відносять до нормальних концентрацій вуглеводів, кислот та інших речовин у крові здорових людей становлять [5]:

- глюкоза (натще) в сироватці або плазмі крові: 3,89-6,11 ммоль/л;
- галактоза у сироватці крові: 0,11-0,94 ммоль/л;
- галактоза у сечі: ≤0,08 ммоль на добу;
- глікоген у крові: 16,2-38,7 мг/л;
- сіалові кислоти за методом Гесса: у крові: 550-790 мг/л; у сироватці крові: 2,0-2,33 ммоль/л;
- лимонна кислота у сироватці або плазмі крові: 0,089-0,156 ммоль/л;
- лимонна кислота у дорослих за методом Бюхнера: в артеріальній крові: 0,33-0,78 ммоль/л; у венозній крові: 0,55-2,22 ммоль/л;
- піровиноградна кислота за динітрофенілгідразиним методом у дорослих: у крові: 0,0341-0,1022 ммоль/л; у сечі: 0,045-0,111 ммоль/л (10-25 мг на добу);
- гексуронові кислоти у сечі дорослих: 2,4-3,9 мг/л; у дітей (10-15 років): 5-10 мг/л;
- глікозаміноглікани: у сироватці крові: 4,8-8,4 мг/г; у сечі: 2,19±1,16 мг/г креатиніну;
- серомукоїди в сироватці крові: 0,22-0,28 г/л (α₁ – серомукоїд в плазмі крові: 12,5-31,8 мкмоль/л);
- глюкозаміни в сироватці крові у дорослих: 3,4-4,35 ммоль/л; у дітей: 2,9-3,85 ммоль/л;

- глюкозовані кислоти в сироватці крові: 61,8-67,0 мкмоль/л;
- фруктоза у сироватці крові: 0,47-0,55 ммоль/л; у крові: 5,55-28,75 ммоль/л;
- глікозильований гемоглобін.

Глікозильовані протеїни – це білки з глюкозою, приєднаною неферментативним шляхом, які точно відображають ступінь порушення вуглеводного обміну і є основними показниками якості компенсації цукрового діабету [5]. Вони відіграють велику ролу у розвитку діабетичних мікроангіопатій та атерогенезі [5].

У табл. 7 наведено низку білків, які можуть глікозилюватись, і порушення, що при цьому спостерігаються [5]. Серед глікованих протеїнів найбільше клінічне значення мають глікозильований гемоглобін та фруктозамін [5]. За [5] глікозильований гемоглобін відносно загального вмісту гемоглобіну становить: у нормі – 4-7%, при цукровому діабеті – сягає понад 7%. За [5] при значеннях його в межах 5,5-10% вважається як добре компенсований цукровий діабет, в межах 10-12% – частково компенсований цукровий

діабет, а більше ніж 12% – некомпенсований цукровий діабет. В організмі людини присутня деяка кількість глікозильованого гемоглобіну. У хворих на цукровий діабет подальше глікування гемоглобіну є незворотним процесом, не залежить від наявності інсуліну та свідчить про ступінь компенсації захворювання за останні 90 діб [5]. Визначення глікозильованої форми гемоглобіну HbA_{1c} служить цінною діагностичною ознакою [4].

Ступінь глікування прямо пропорційний концентрації глюкози і на тлі постійної гіперглікемії відбувається «зацукрювання» до 20% усього гемоглобіну (табл. 7) [5]. Рівень глікозильованого гемоглобіну рекомендується [5] визначати кожні 3 місяці. Підвищення рівня глікозильованого гемоглобіну є одним із ранніх показників у порушенні обміну вуглеводів. Оскільки рівень глікованого гемоглобіну має пряму кореляцію з рівнем глікемії, то його доцільно використовувати для контролю за лікуванням хворих на цукровий діабет [5].

Співвідношення концентрації глюкози крові та глікозильованого гемоглобіну приведені у табл. 8 [5].

Таблиця 7

Глікозування білків при цукровому діабеті [5]

| | |
|--|--|
| Білок | Патофізіологічні прояви |
| Білки базальної мембрани клубочків нирок (глікоротеїни тощо) | Порушення фільтрації в клубочках |
| Білки мембрани ендотеліальних клітин капілярів | Порушення проникності судин, мікроангіопатії |
| Білки кришталика ока (кристаліти) | Порушення зору, катаракта |
| Білки мієлінової оболонки | Патологія нервової системи, нейропатії |
| Гемоглобін | Зниження спорідненості з киснем |
| Білки системи згортання крові | Порушення згортання крові |
| Колаген | Порушення рубцювання ран |
| Мембранні переносники глюкози | Інсулінорезистентність |
| Апопротеїни ЛНГ | Порушення зв'язування ЛНГ із рецепторами клітин |
| Апопротеїни ЛВГ | Прискорення їх зникнення з крові. У результаті зростає відношення ЛНГ/ЛВГ, що сприяє атеросклерозу |
| Альбумін | Не виявлені |

Таблиця 8

Співвідношення концентрації глюкози в крові та глікозильованого гемоглобіну [5]

| Глюкоза цільної крові, ммоль/л | Глюкоза у плазмі крові, ммоль/л | Глікозильований гемоглобін, HbA _{1c} , % |
|--------------------------------|---------------------------------|---|
| 4,5 | 5,0 | 5,0 |
| 6,0 | 6,7 | 6,0 |
| 8,0 | 8,9 | 7,0 |
| 10,0 | 11,1 | 8,0 |
| 12,0 | 13,3 | 9,0 |
| 14,0 | 15,5 | 10,0 |
| 17,0 | 18,9 | 11,0 |
| 19,0 | 21,1 | 12,0 |

3. Статистична аналіза результатів дослідження.

1. Розраховували такі вибіркові числові (точкові) характеристики [10-14]:

• вибірка середня (середня арифметична) \bar{X} :

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i \quad [\text{од.}], \quad (1)$$

де N – кількість елементарних комірок;

x_i – кількість особин в i -й комірці;

$\sum_{i=1}^N x_i$ – кількість особин в N - комірках;

• вибірка дисперсія S^2 :

$$S^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2 = \frac{1}{N-1} \left[\sum_{i=1}^N x_i^2 - N(\bar{x})^2 \right] \quad [\text{од.}^2]; \quad (2)$$

• вибіркве середнє квадратичне відхилення S :

$$S = +\sqrt{S^2} \quad [\text{од.}]; \quad (3)$$

• вибірковий коефіцієнт варіації γ :

$$\gamma = \frac{S}{\bar{x}} \quad [\text{безрозм.}]; \quad \left(\frac{S}{\bar{x}} 100, \% \right); \quad (4)$$

• вибірковий показник ступеня просторової агрегації ξ :

$$\xi = \frac{S^2}{\bar{x}} \quad [\text{од.}]. \quad (5)$$

2. Узагальнені (степеневі) вибіркові характеристики:

• вибірковий початковий момент k -го порядку – узагальнена вибірка середня h_k :

$$h_k = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i^k, \quad (6)$$

де $k = 1, 2, 3, 4$;

h_1 [од.]; h_2 [од.²]; h_3 [од.³]; h_4 [од.⁴] – вибіркові початкові моменти 1-го, 2-го, 3-го, 4-го порядку відповідно;

• вибірковий центральний момент k -го порядку – узагальнене вибіркве розсіяння m_k :

$$m_k = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^k, \quad (7)$$

де $k = 1, 2, 3, 4$;

m_1 [од.]; m_2 [од.²]; m_3 [од.³]; m_4 [од.⁴] – вибіркові центральні моменти 1-го, 2-го, 3-го та 4-го порядку відповідно, а також за формулами [1]:

$$m_1 = h_1 - h_1; \quad (8)$$

$$m_2 = h_2 - h_1^2;$$

$$m_3 = h_3 - 3h_2h_1 + 2h_1^3; \quad (9)$$

$$m_4 = h_4 - 4h_3h_1 + 6h_2h_1^2 - 3h_1^4. \quad (10)$$

3. Вибірковий показник асиметрії розподілу as :

$$as = \frac{m_3}{\frac{m_2^2}{2}} \quad [\text{безрозм.}]; \quad (11)$$

його вибірковий нормований коефіцієнт розподілу β_1 :

$$\beta_1 = \frac{m_3^2}{m_2^3} \quad [\text{безрозм.}]; \quad (12)$$

та середнє квадратичне відхилення S_{as} :

$$S_{as} = \sqrt{\frac{6(N-1)}{(N+1)(N+3)}}. \quad (13)$$

4. Вибірковий показник ексцесу (стрімкості) розподілу ex :

$$ex = \frac{m_4}{m_2^2} - 3, \quad [\text{безрозм.}]; \quad (14)$$

його вибірковий нормований коефіцієнт β_2 :

$$\beta = \frac{m_4}{m_2^2}, \quad [\text{безрозм.}]; \quad (15)$$

та його середнє квадратичне відхилення S_{ex} :

$$S_{ex} = \sqrt{\frac{24(N-2)(N-3)N}{(N-1)^2(N+3)(N+5)}}. \quad (16)$$

5. Перевірку підпорядкування емпіричних даних нормальному закону розподілу Гаусса за критерієм ω^2 (в умовах $N < 100$) здійснювали, розраховуючи:

$$(N\omega^2)_p = \frac{1}{12N} + \sum_{i=1}^N [P(x_i) - w(x_i)]^2, \quad (17)$$

де $p(x_i) = 0,5 + \Phi(z_i)$ – теоретична ймовірність попадання випадкової величини $X(Z)$ на i -місце варіаційного ряду;

$$z_i = \frac{x_i - \bar{x}}{S};$$

$$w(x_i) = \frac{i-0,5}{N} \quad \text{– емпірична функція розподілу}$$

(накопичена частота – частота попадання x_i на i -місце у варіаційному ряду):

$$\Phi(z_i) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^z \left(-\frac{z^2}{2} \right) dz. \quad (18)$$

За нерівністю $(N\omega^2)_p \leq Z_\alpha(\alpha)$ визначали

рівень значущості прийняття гіпотези про підпорядкування емпіричних даних нормальному закону розподілу Гаусса.

Для визначення максимального рівня значущості α_{\max} цього підпорядкування за

табличними даними побудували залежність $Z_\alpha = f(\ln \alpha)$ (рис. 2), що дозволило за співвідношенням $Z_\alpha / (N\omega^2)_p = 1$ для умов $Z_\alpha = (N\omega^2)_p$, знайти α_{\max} , використовуючи апроксимуючий поліном з високим рівнем апроксимації: $Z_\alpha = -0,1672 \ln \alpha - 0,0197$ ($R^2 = 0,9971$).

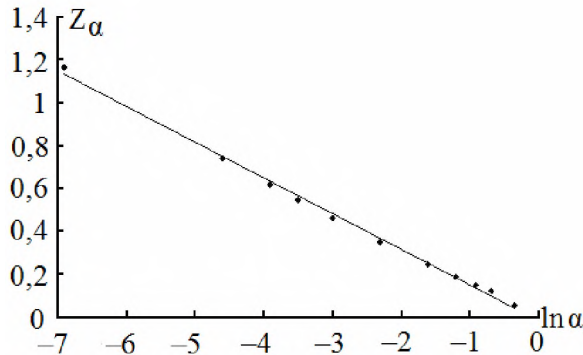


Рис. 2. Залежність критичного значення $\omega_{кр}^2 = Z_\alpha$ від логарифму рівня значущості α (табличні дані [14, табл. 11]).

6. Розраховували ступінь статистичної відповідності (невідповідності) емпіричного розподілу експериментальних даних теоретичному розподілу нормального закону Гаусса за критерієм ω^2 :

$$\xi_1(\omega) = \frac{Z_\alpha}{(N\omega^2)_p}, \quad (19)$$

де, ступінь невідповідності $\xi_2(\omega) = \frac{(N\omega^2)_p}{Z_\alpha}$,

де $Z_\alpha = \omega_{кр}^2$ – критичне значення критерію ω^2 для рівня значущості ($\alpha = 0,01$ та $\alpha = 0,05$).

4. Кореляційна аналіза.

1. Вибірковий коефіцієнт кореляції r між випадковими величинами x і y розраховували за:

$$r = \frac{m_{\frac{1}{1}}}{S_x \cdot S_y}, \quad (20)$$

де,

$$m_{\frac{1}{1}} = \frac{1}{k-1} \sum_{i=1}^k [(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})] = \frac{1}{k-1} \left[\sum_{i=1}^k (x_i y_i) - k\bar{x}\bar{y} \right] \quad (21)$$

вибірковий змішаний центральний момент другого порядку;

$$S_x = \sqrt{\frac{1}{k-1} \sum_{i=1}^k (x_i - \bar{x})^2} = \sqrt{\frac{1}{k-1} \left[\sum_{i=1}^k (x_i^2) - k\bar{x}^2 \right]} \quad (22)$$

вибіркове середнє квадратичне відхилення для випадкової величини x ;

$$S_y = \sqrt{\frac{1}{k-1} \sum_{i=1}^k (y_i - \bar{y})^2} = \sqrt{\frac{1}{k-1} \left[\sum_{i=1}^k (y_i^2) - k\bar{y}^2 \right]} \quad (23)$$

вибіркове середнє квадратичне відхилення для випадкової величини y .

У кінцевому вигляді формула для розрахунку вибіркового коефіцієнта кореляції набула вигляду:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^k (x_i y_i) - k\bar{x}\bar{y}}{\sqrt{\left[\sum_{i=1}^k (x_i^2) - k\bar{x}^2 \right] \left[\sum_{i=1}^k (y_i^2) - k\bar{y}^2 \right]}} \quad (24)$$

Для перевірки нульової гіпотези $H_0: \rho = 0$ (рівності нулю генерального коефіцієнта кореляції) за оцінкою вибіркового (розрахованого) коефіцієнта кореляції r_p використали перетворення Фішера z , критерій Стюдента t , критичне значення коефіцієнта кореляції $r_{кр}$.

Розраховували ступінь сили лінійності кореляційного зв'язку $\xi_1(z)$, $\xi_1(t)$, $\xi_1(r)$, ступеня сили нелінійності кореляційного зв'язку $\xi_2(z)$, $\xi_2(t)$, $\xi_2(r)$ та ступеня сумарної сили лінійності + нелінійності кореляційного зв'язку: $\xi_{12}(z) = \xi_1(z) + \xi_2(z)$; $\xi_{12}(t) = \xi_1(t) + \xi_2(t)$; $\xi_{12}(r) = \xi_1(r) + \xi_2(r)$.

Процедура прийняття (немає статистично надійного лінійного зв'язку) або відкидання (є статистично надійний лінійний зв'язок) нульової гіпотези H_0 здійснювали для двох ступенів значущості $\alpha = 0,05$ та $\alpha = 0,01$ [10–14]:

• за критичним коефіцієнтом кореляції $r_{кр}$ $\{q = 1 - \alpha/2; f = k - 2\}$, приймаючи $H_0: \rho = 0$ (відсутній надійний лінійний зв'язок) з ймовірністю правдивості її прийняття $p = (1 - \alpha)$ та рівнем значущості $\alpha = (1 - p)$ – ймовірності (ризик) прийняти неправдиву гіпотезу H_0 , якщо $|r_p| \leq r_{кр}$ (немає надійного лінійного зв'язку), або відкидаючи H_0 (є надійний лінійний зв'язок) з ймовірністю правдивості $p = (1 - \alpha)$. Відкидання $H_0: \rho = 0$ з рівнем значущості $\alpha = (1 - p)$ є ризик відкинути правдиву гіпотезу $H_0: \rho = 0$, якщо $|r_p| > r_{кр}$.

При цьому ступінь лінійності $\xi_1(r)$ та ступінь нелінійності $\xi_2(r)$ кореляційного зв'язку за $r_{кр}$:

$$\left. \begin{aligned} \xi_1(r) &= \frac{|r_p|}{r_{кр}}; \\ \xi_2(r) &= \frac{r_{кр}}{|r_p|}; \end{aligned} \right\} \quad (25)$$

та ступінь сумарного (лінійного+нелінійного) кореляційного зв'язку за $r_{кр}$: $\xi_{12}(r) = \xi_1(r) + \xi_2(r)$.

• за критерієм Стюдента: $t_T\{q=1-\alpha/2; f=k-2\}$, розраховуючи за вибірковим коефіцієнтом кореляції:

$$t_p = \frac{r_p}{\sqrt{1-r_p^2}} \sqrt{k-2} \quad (26)$$

та приймаючи $H_0: \rho = 0$ (відсутній надійний лінійний зв'язок) з ймовірністю правдивості її прийняття $p=(1-\alpha)$ та рівнем значущості $\alpha=(1-p)$ є ризик прийняти неправдиву гіпотезу $H_0: \rho = 0$, якщо $|t_p| \leq t_T$ (немає надійного лінійного зв'язку), або відкидаючи H_0 (є надійний лінійний зв'язок) з ймовірністю $p=(1-\alpha)$. Правдивість відкидання $H_0: \rho = 0$ з рівнем значущості $\alpha=(1-p)$ є ризик відкинути правдиву гіпотезу $H_0: \rho = 0$, якщо $|t_p| > t_T$ (є надійний лінійний зв'язок).

При цьому ступінь лінійності зв'язку кореляційного зв'язку за t-критерієм: $\xi_1(t) = \frac{|t_p|}{t_T}$, а ступінь нелінійності за t-критерієм:

$$\xi_2(t) = \frac{t_T}{|t_p|} \quad (27)$$

та ступінь сумарного (лінійного+нелінійного) кореляційного зв'язку за t-критерієм: $\xi_{12}(t) = \xi_1(t) + \xi_2(t)$.

• за Z-перетворенням Фішера, розраховуючи:

$$\left. \begin{aligned} z_p &= \frac{1}{2} \ln \frac{1+r_p}{1-r_p}; \\ \sigma_z &= \frac{1}{\sqrt{k-3}}; (z_T \cdot \sigma_z), \end{aligned} \right\} \quad (28)$$

де $z_T\{q=1-\alpha/2\}$ – квантиль нормованого нормального розподілу та приймаючи $H_0: \rho = 0$ (відсутній надійний лінійний зв'язок) з ймовірністю правдивості її прийняття $p=(1-\alpha)$ та рівнем значущості $\alpha=(1-p)$ є ризик прийняти неправдиву гіпотезу $H_0: \rho=0$, якщо $|z_p| \leq (z_T \cdot \sigma_z)$ (немає надійного лінійного зв'язку), або відкидаючи її (є надійний лінійний зв'язок) з ймовірністю $p=(1-\alpha)$. Правдивість відкидання $H_0: \rho=0$ з рівнем значущості $\alpha=(1-p)$ є ризик відкинути правдиву гіпотезу $H_0: \rho=0$, якщо $|z_p| > (z_T \cdot \sigma_z)$.

При цьому ступінь лінійності зв'язку кореляційного зв'язку за z-функцією:

$$\xi_1(z) = \frac{|z_p|}{(z_T \cdot \sigma_z)}, \quad (29)$$

а ступінь нелінійності кореляційного зв'язку за z-функцією:

$$\xi_2(z) = \frac{(z_T \cdot \sigma_z)}{|z_p|} \quad (30)$$

та ступінь сумарного (лінійного+нелінійного) кореляційного зв'язку за z-функцією:

$$\xi_{12}(z) = \xi_1(z) + \xi_2(z). \quad (31)$$

II. Результати та обговорення

1. Результати дослідження рівня глюкози в капілярній крові Hb, у плазмі крові Hb', тиску P_{\max} і P_{\min} , пульсу N за 12-ма рівноточними вимірюваннями натщесерце з 7:00 до 8:00 год. ранку 19.08.2010 р. (тиск, пульс) та з 7:30 до 8:30 год. ранку 21.08.2010 р. (концентрація глюкози в цільній плазмі крові) хворого С. на цукровий діабет та статистична обробка даних представлені в табл. 9. Як видно з табл. 9, результати досліджень підпорядковані н.з.р. Гауса з рівнем значущості α (%): 72,638 (тиск max); 51,843 (тиск min); 56,436 (пульс); 39,610 (Hb'); 39,612 (Hb). Порівняні результати паралельних досліджень рівня глюкози 9 ммоль/л на аналізаторі АГКМ-01, приладі «Accu-Chek Activ» №1, аналізаторі КФК-3 та приладі «Accu-Chek Activ» № 2 представлені в табл. 10.

2. Як видно з табл. 10, середній рівень глюкози в крові в 4-х порівняльних дослідах коливався в межах від 5,67 до 6,97 ммоль/л, а дисперсія – від 0,0757 до 0,4996, середнє квадратичне відхилення – від 0,02751 до 0,7068, коефіцієнт варіації – від 3,95 до 10,68%.

1. Перевірка підпорядкування емпіричних результатів теоретичному нормальному закону розподілу Гауса (н.з.р.) за показником асиметрії і ексцесу показала:

• для аналізатора АГКМ-01:

$$\begin{aligned} |as| &= 0,2806 < S_{as} = 0,6145; \\ |ex| &= 0,8 < S_{ex} = 0,9224, \end{aligned}$$

що достатньо для прийняття нульової гіпотези H_0 про підпорядкування результатів н.з.р. Додатковим підтвердженням є розрахований $\alpha_{\max}=59,75\%$;

• для паралельних досліджень на глюкометрі Accu-chek active № 1:

$$\begin{aligned} |as| &= 0,61581 \geq S_{as} = 0,6145; \\ |ex| &= 0,10881 < S_{ex} = 0,9224. \end{aligned}$$

У зв'язку з тим, що $|as|=0,61581 < 3S_{as}=1,84353$, то є необхідність перевірити H_0 про підпорядкування результатів дослідження теоретичному н.з.р. за критерієм ω^2 . Перевірка за ω^2 показала, що результати підпорядковані н.з.р. з $\alpha_{\max} = 71,11\%$;

• для аналізатора КФК-3:

$$\begin{aligned} |as| &= 0,3695 < S_{as} = 0,6145; \\ |ex| &= 1,3747 > S_{ex} = 0,9224. \end{aligned}$$

У зв'язку з тим, що $|ex| = 1,3747 < 5S_{ex} = 4,6120$, то є необхідність перевірити H_0 про підпорядкування результатів дослідження теоретичному н.з.р. за критерієм ω^2 . Перевірка за ω^2 показала, що результати підпорядковані н.з.р. з $\alpha_{\max} = 53,37\%$;

• для паралельних досліджень на глюкометрі Accu-chek active № 2:

$$\begin{aligned} |as| &= 0,0989 < S_{as} = 0,6145; \\ |ex| &= 1,2029 > S_{ex} = 0,9224. \end{aligned}$$

Таблиця 9

Статистичні характеристики матриць за 12-ма рівноточними результатами вимірювань тиску (max і min) і пульсу натщесерце хворого С. з 7:00 до 8:00 год. 19.08.2010 р. та з 7:00 до 8:00 год. 21.08.2010 р. (концентрації глюкози в цільній крові Нв та у плазмі крові Нв')

| і | Показник | Тиск, мм.рт.ст. | | Пульс, пошт./хв. | Нв', ммоль/л | Нв, ммоль/л |
|------|-------------------------------------|-----------------|----------|---------------------|-----------------|----------------|
| | | max | min | | | |
| 1 | | 131 | 79 | 84 | 6,9 | 6,14 |
| 2 | | 132 | 74 | 83 | 6,9 | 6,14 |
| 3 | | 135 | 80 | 85 | 7,3 | 6,50 |
| 4 | | 144 | 80 | 84 | 7,2 | 6,41 |
| 5 | | 142 | 79 | 84 | 7,4 | 6,50 |
| 6 | | 138 | 76 | 83 | 7,5 | 6,68 |
| 7 | | 134 | 77 | 82 | 7,4 | 6,59 |
| 8 | | 131 | 80 | 85 | 7,4 | 6,59 |
| 9 | | 137 | 74 | 86 | 7,3 | 6,59 |
| 10 | | 135 | 78 | 86 | 7,0 | 6,23 |
| 11 | | 141 | 73 | 85 | 7,5 | 6,68 |
| N=12 | | 138 | 74 | 85 | 7,4 | 6,59 |
| 1. | середня, од. | 136,5 | 77,0 | 84,3 | 7,267 | 6,47 |
| 2. | дисперсія, од ² . | 18,45(45) | 7,27(27) | 1,5164 | 0,0479 | 0,0388 |
| 3. | середнє квадратичне відхилення, од. | 4,2959 | 2,6968 | 1,2314 | 0,2188 | 0,1969 |
| 4. | коефіцієнт варіації, % | 3,1472 | 3,5023 | 1,4607 | 3,0112 | 3,0438 |
| 5. | $(N\omega^2)_p$ | 0,03375 | 0,09014 | 0,07595 | 0,13514 | 0,13514 |
| 6. | α_{\max} , % | 72,638 | 51,843 | 56,436 | 39,610 | 39,612 |

Рівень глюкози (ммоль/л) в капілярній крові хворого С. (на цукровий діабет) (10 рівноточних вимірювань) 20 травня 2008 року (набір статистичних даних)

| Номер проби | 8:00-8:30 Загальна лабораторія | | 9:00-9:30 Ургентна лабораторія | |
|---------------------------|--------------------------------------|---|---|--|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| | Аналізатор АГКМ-01 фірми «Квертімед» | Глюкометр Ассу-Сhek Active (фірма «Roche») №1 | Аналізатор КФК-3 (глюкооксидантний метод) | Глюкометр Ассу-Сhek Active (фірма «Roche Diagnostics GmBH») №2 |
| 1 | 7,2 | 6,8 | 6,9 | 5,9 |
| 2 | 5,9 | 6,4 | 7,3 | 5,5 |
| 3 | 7,0 | 7,1 | 7,5 | 5,5 |
| 4 | 7,1 | 7,3 | 5,5 | 5,8 |
| 5 | 6,6 | 6,8 | 6,9 | 5,7 |
| 6 | 7,0 | 7,3 | 7,2 | 6,1 |
| 7 | 6,9 | 7,0 | 5,8 | 6,0 |
| 8 | 6,8 | 6,9 | 5,9 | 5,6 |
| 9 | 6,7 | 6,9 | 6,2 | 5,3 |
| 10 | 7,8 | 7,2 | 7 | 5,3 |
| | $r_{1,2}=0,76095$ | $r_{1,3}= - 0,08462$ | $r_{3,4}= - 0,16561$ | $r_{2,4}= 0,24749$ |
| \bar{X} [од.] | 6,90 | 6,97 | 6,62 | 5,67 |
| S^2 [од. ²] | 0,2333 | 0,0757 | 0,4996 | 0,0779 |
| S [од.] | 0,4830 | 0,2751 | 0,7068 | 0,2791 |
| γ [%] | 7,00 | 3,95 | 10,68 | 4,92 |
| h_1 [од.] | 6,9 | 6,97 | 6,62 | 5,67 |
| h_2 [од. ²] | 47,82 | 48,649 | 44,274 | 32,219 |
| h_3 [од. ³] | 332,829 | 340,0219 | 298,9352 | 183,4785 |
| h_4 [од. ⁴] | 2326,1231 | 2379,6623 | 2036,1778 | 1047,1241 |
| m_1 [од.] | 0 | 0 | 0 | 0 |
| m_2 [од. ²] | 0,21 | 0,0681 | 0,4496 | 0,0701 |
| m_3 [од. ³] | -0,027 | -0,0109 | -0,1114 | 0,00184 |
| m_4 [од. ⁴] | 0,1676 | 0,01341 | 0,3285 | 0,0088 |
| a_s | -0,2806 | -0,61581 | -0,3695 | 0,0989 |
| β_1 | 0,0787 | 0,37921 | 0,1365 | 0,0098 |
| S_{a_s} | 0,6145 | 0,61451 | 0,6145 | 0,6145 |
| $3S_{a_s}$ | 1,8435 | 1,8435 | 1,8435 | 1,8435 |
| e_x | 0,8 | -0,10881 | -1,3747 | -1,2029 |
| β_2 | 3,8 | 2,8912 | 1,6253 | 1,7971 |
| S_{e_x} | 0,9224 | 0,9224 | 0,9224 | 0,9224 |
| $5S_{e_x}$ | 4,612 | 4,612 | 4,612 | 4,612 |
| $N\omega^2_{розр}$ | 0,0664 | 0,0373 | 0,0853 | 0,0463 |
| α_{max} % | 59,753 | 71,112 | 53,366 | 67,386 |
| $\xi_a (a=0,01)$ | 11,20 | 19,93 | 8,72 | 16,06 |
| $\xi_a (a=0,05)$ | 6,95 | 12,37 | 5,41 | 9,97 |
| $\xi_a (a=0,20)$ | 3,63 | 6,47 | 2,83 | 5,21 |
| $\xi_a (a=0,30)$ | 2,78 | 4,94 | 2,16 | 3,98 |
| $\xi_a (a=0,40)$ | 2,21 | 3,93 | 1,72 | 3,17 |
| $\xi_a (a=0,50)$ | 1,78 | 3,17 | 1,39 | 2,56 |

У зв'язку з тим, що $|ex|=1,2029 < 5S_{ex} = 4,6120$, то є необхідність перевірити H_0 про підпорядкування результатів дослідження теоретичному н.з.р. за критерієм ω^2 . Перевірка за ω^2 показала, що результати підпорядковані н.з.р. з $\alpha_{max}=67,39\%$.

2. Перевірка нульової гіпотези про рівність генеральних дисперсій:

$$H_0 : \begin{cases} \sigma_i^2 = \sigma_j^2 \\ \uparrow \quad \uparrow \\ S_i^2 \neq S_j^2 \end{cases}$$

а) для пари приладів 1,2: за критерієм Фішера:

$$F_p = \frac{S_1^2}{S_2^2} = \frac{0,2333}{0,0757} = 3,0819.$$

- Для $\alpha = 0,05$ $F_T\{q=1-\alpha/2=0,975; f_1=9; f_2=9\} = 4,03$;
- для $\alpha = 0,01$ $F_T\{q=1-\alpha/2=0,995; f_1=9; f_2=9\} = 6,54$;

$$F_p = 3,0819 < F_T = 4,03 \quad (\alpha = 0,05);$$

$$F_p = 3,0819 < F_T = 6,54 \quad (\alpha = 0,01).$$

Дисперсії статистично рівні з рівнем значущості $\alpha = 0,05$ і $\alpha = 0,01$.

- Для $\alpha = 0,05$ ступінь рівності: $\xi_1(F) = \frac{F_T}{F_p} = 1,308$;

залишки ступеня нерівності: $\xi_2(F) = \frac{F_p}{F_T} = 0,765$.

- Для $\alpha = 0,01$ ступінь рівності: $\xi_1(F) = 2,122$;
- залишки ступеня нерівності: $\xi_2(F) = 0,471$.

б) для пари приладів 1,3: за критерієм Фішера:

$$F_p = \frac{S_3^2}{S_1^2} = \frac{0,4996}{0,2333} = 2,1414.$$

$$F_p = 2,1414 < F_T = 4,03 \quad (\alpha = 0,05);$$

$$F_p = 2,1414 < F_T = 6,54 \quad (\alpha = 0,01).$$

Дисперсії статистично рівні з рівнем значущості $\alpha = 0,05$ і $\alpha = 0,01$.

- Для $\alpha = 0,05$ ступінь рівності: $\xi_1(F) = 1,882$;
- залишки ступеня нерівності: $\xi_2(F) = 0,531$.
- Для $\alpha = 0,01$ ступінь рівності: $\xi_1(F) = 3,054$;
- залишки ступеня нерівності: $\xi_2(F) = 0,327$.

в) для пари приладів 3,4: за критерієм Фішера:

$$F_p = \frac{S_3^2}{S_4^2} = \frac{0,4996}{0,0779} = 6,41335.$$

$$F_p = 6,41335 > F_T = 4,03 \quad (\alpha = 0,05);$$

$$F_p = 6,41335 < F_T = 6,54 \quad (\alpha = 0,01).$$

Дисперсії статистично нерівні з рівнем значущості $\alpha = 0,05$ і статистично рівні з $\alpha = 0,01$.

- Для $\alpha=0,05$ ступінь нерівності: $\xi_2(F)=1,5914$;
- залишки ступеня рівності: $\xi_1(F) = 0,6284$.
- Для $\alpha = 0,01$ ступінь рівності: $\xi_1(F) = 1,0197$;
- залишки ступеня нерівності: $\xi_2(F) = 0,9806$.

г) для пари приладів 2,4: за критерієм Фішера:

$$F_p = \frac{S_4^2}{S_2^2} = \frac{0,0779}{0,0757} = 1,029.$$

$$F_p = 1,029 < F_T = 4,03 \quad (\alpha = 0,05);$$

$$F_p = 1,029 < F_T = 6,54 \quad (\alpha = 0,01).$$

Дисперсії статистично рівні з рівнем значущості $\alpha = 0,05$ і $\alpha = 0,01$.

- Для $\alpha = 0,05$ ступінь рівності: $\xi_1(F) = 3,916$;
- залишки ступеня нерівності: $\xi_2(F) = 0,255$.
- Для $\alpha = 0,01$ ступінь рівності: $\xi_1(F) = 6,356$;
- залишки ступеня нерівності: $\xi_2(F) = 0,157$.

3. Перевірка нульової гіпотези про рівність генеральних середніх:

$$H_0 : \begin{cases} a_i = a_j \\ \uparrow \quad \uparrow \\ \bar{x}_i \neq \bar{x}_j \end{cases}$$

а) для пари приладів 1,2:

$$t_p = \frac{|\bar{x}_1 - \bar{x}_2|}{\sqrt{\frac{S_1^2}{N_1} + \frac{S_2^2}{N_2}}} = \frac{|6,90 - 6,97|}{\sqrt{\frac{0,2333}{10} + \frac{0,0757}{10}}} = 0,3982.$$

- Для $\alpha=0,05$ $F_T\{q=1-\alpha/2=0,975; f=f_1+f_2=18\} = 2,101$;
 - для $\alpha=0,01$ $F_T\{q=1-\alpha/2=0,995; f=f_1+f_2=18\} = 2,878$;
- $$t_p = 0,3982 < t_T = 2,101 \quad (\alpha = 0,05);$$
- $$t_p = 0,3982 < t_T = 2,878 \quad (\alpha = 0,01).$$

Середні статистично суттєво рівні.

- Для $\alpha = 0,05$ ступінь рівності: $\xi_1(t) = 5,276$;
- залишки ступеня нерівності: $\xi_2(t) = 0,1895$.
- Для $\alpha = 0,01$ ступінь рівності: $\xi_1(t) = 7,228$;
- залишки ступеня нерівності: $\xi_2(t) = 0,138$.

б) для пари приладів 1,3:

$$t_p = 1,2928.$$

$$t_p = 1,2928 < t_T = 2,101 \quad (\alpha = 0,05);$$

$$t_p = 1,2928 < t_T = 2,878 \quad (\alpha = 0,01).$$

Середні статистично суттєво рівні.

- Для $\alpha = 0,05$ ступінь рівності: $\xi_1(t) = 1,625$;
- залишки ступеня нерівності: $\xi_2(t) = 0,615$.
- Для $\alpha = 0,01$ ступінь рівності: $\xi_1(t) = 2,226$;
- залишки ступеня нерівності: $\xi_2(t) = 0,449$.

в) для пари приладів 3,4:

$$t_p = 3,9532.$$

$$t_p = 3,9532 > t_T = 2,101 \quad (\alpha = 0,05);$$

$$t_p = 3,9532 > t_T = 2,878 \quad (\alpha = 0,01).$$

Середні статистично суттєво нерівні.

- Для $\alpha=0,05$ ступінь нерівності: $\xi_2(t) = 1,887$;
- залишки ступеня рівності: $\xi_1(t) = 0,5314$.
- Для $\alpha=0,01$ ступінь нерівності: $\xi_2(t) = 1,374$;
- залишки ступеня рівності: $\xi_1(t) = 0,7280$.

г) для пари приладів 2,4:

$$t_p = 10,4893.$$

$$t_p = 10,4893 > t_T = 2,101 \quad (\alpha = 0,05);$$

$$t_p = 10,4893 > t_T = 2,878 \quad (\alpha = 0,01).$$

Середні статистично суттєво нерівні.

• Для $\alpha=0,05$ ступінь нерівності: $\xi_2(t) = 4,993$;
залишки ступеня рівності: $\xi_1(t) = 0,2003$.

• Для $\alpha=0,01$ ступінь нерівності: $\xi_2(t) = 3,645$;
залишки ступеня рівності: $\xi_1(t) = 0,2744$.

4. Перевірка нульової гіпотези про значущість коефіцієнта кореляції.

$$H_0 : \begin{cases} \mu_i = \mu_j \\ \uparrow \quad \uparrow \\ r_i \neq r_j \end{cases}$$

4.1. За критичним значенням коефіцієнта кореляції $r_{кр.}$:

$r_{кр.} = \{q=1-\alpha/2=0,975; f=N-2=8\} = 0,6319; (\alpha=0,05)$

$r_{кр.} = \{q=1-\alpha/2=0,995; f=N-2=8\} = 0,7646. (\alpha=0,01)$

а) Для пари приладів 1,2:

• $\alpha=0,05$: $r_{1,2} = 0,760954 > r_{кр.} = r_{0,05} = 0,6319$.

Є лінійний зв'язок.

Ступінь лінійності: $\xi_1(r) = \frac{|r_{12}|}{r_{0,05}} = 1,204$;

ступінь нелінійності: $\xi_2(r) = 0,830$.

• $\alpha=0,01$: $r_{1,2} = 0,760954 \approx r_{кр.} = r_{0,01} = 0,7646$.

Є лінійний зв'язок.

Ступінь нелінійності: $\xi_2(r) = 1,00479 \approx 1$.

ступінь лінійності: $\xi_1(r) = 0,995 \approx 1$.

б) Для пари приладів 1,3:

• $\alpha=0,05$: $r_{1,3} = |-0,08462| < r_{кр.} = r_{0,05} = 0,6319$.

Немає лінійного зв'язку.

Ступінь нелінійності: $\xi_2(r) = 7,468$;

ступінь лінійності: $\xi_1(r) = 0,134$.

• $\alpha=0,01$: $r_{1,2} = |-0,08462| < r_{кр.} = r_{0,01} = 0,7646$.

Немає лінійного зв'язку.

Ступінь нелінійності: $\xi_2(r) = 9,036$;

ступінь лінійності: $\xi_1(r) = 0,111$.

в) Для пари приладів 3,4:

• $\alpha=0,05$: $r_{1,2} = |-0,16561| < r_{кр.} = r_{0,05} = 0,6319$.

Немає лінійного зв'язку.

Ступінь нелінійності: $\xi_2(r) = 3,816$;

ступінь лінійності: $\xi_1(r) = 0,262$.

• $\alpha=0,01$: $r_{3,4} = |-0,16561| < r_{кр.} = r_{0,01} = 0,7646$.

Немає лінійного зв'язку.

Ступінь нелінійності: $\xi_2(r) = 4,617$;

ступінь лінійності: $\xi_1(r) = 0,217$.

г) Для пари приладів 2,4:

• $\alpha=0,05$: $r_{2,4} = 0,247496 < r_{кр.} = r_{0,05} = 0,6319$.

Немає лінійного зв'язку.

Ступінь нелінійності: $\xi_2(r) = 2,553$;

ступінь лінійності: $\xi_1(r) = 0,392$.

• $\alpha=0,01$: $r_{1,2} = 0,247496 < r_{кр.} = r_{0,01} = 0,7646$.

Немає лінійного зв'язку.

Ступінь нелінійності: $\xi_2(r) = 3,089$;

ступінь лінійності: $\xi_1(r) = 0,324$.

4.2. За t-критерієм Стюдента:

а) Для пари приладів 1,2:

$$t_p = \frac{r_{1,2}}{\sqrt{1-r_{1,2}^2}} \sqrt{N-2} = \frac{0,760954}{\sqrt{1-0,760954^2}} \sqrt{10-2} = 3,3174.$$

• $\alpha=0,05$: $t_p = 3,3174 > t_{0,05} = t_T \{0,975; f=8\} = 2,306$;

• $\alpha=0,01$: $t_p = 3,3174 \approx t_{0,01} = t_T \{0,995; f=8\} = 3,355$.

• Для $\alpha=0,05$ $\xi_1(t) = 1,462$; $\xi_2(t) = 0,684$;

• для $\alpha=0,01$ $\xi_1(t) = 1,011 \approx 1$; $\xi_2(t) = 0,989 \approx 1$.

Є лінійний зв'язок.

б) Для пари приладів 1,3:

$$t_p = \frac{r_{1,2}}{\sqrt{1-r_{1,2}^2}} \sqrt{N-2} = \frac{-0,08462}{\sqrt{1-(-0,08462)^2}} \sqrt{10-2} = -0,2411.$$

• $\alpha=0,05$: $t_p = |-0,2411| < t_{0,05} = t_T \{0,95; f=8\} = 2,306$;

• $\alpha=0,01$: $t_p = |-0,2411| < t_{0,01} = t_T \{0,99; f=8\} = 3,355$.

• Для $\alpha=0,05$ $\xi_1(t) = 0,105$; $\xi_2(t) = 9,564$;

• для $\alpha=0,01$ $\xi_1(t) = 0,072$; $\xi_2(t) = 13,915$.

Немає лінійного зв'язку.

в) Для пари приладів 3,4:

$$t_p = \frac{r_{1,2}}{\sqrt{1-r_{1,2}^2}} \sqrt{N-2} = \frac{-0,16561}{\sqrt{1-(-0,16561)^2}} \sqrt{10-2} = -0,4750.$$

• $\alpha=0,05$: $t_p = |-0,4750| < t_{0,05} = t_T \{0,95; f=8\} = 2,306$;

• $\alpha=0,01$: $t_p = |-0,4750| < t_{0,01} = t_T \{0,99; f=8\} = 3,355$.

• Для $\alpha=0,05$ $\xi_1(t) = 0,206$; $\xi_2(t) = 4,855$;

• для $\alpha=0,01$ $\xi_1(t) = 0,142$; $\xi_2(t) = 7,063$.

Немає лінійного зв'язку.

г) Для пари приладів 2,4:

$$t_p = \frac{r_{1,2}}{\sqrt{1-r_{1,2}^2}} \sqrt{N-2} = \frac{0,247496}{\sqrt{1-0,247496^2}} \sqrt{10-2} = 0,7225.$$

• $\alpha=0,05$: $t_p = 0,7225 < t_{0,05} = t_T \{0,95; f=8\} = 2,306$;

• $\alpha=0,01$: $t_p = 0,7225 < t_{0,01} = t_T \{0,99; f=8\} = 3,355$.

• Для $\alpha=0,05$ $\xi_1(t) = 0,313$; $\xi_2(t) = 3,192$;

• для $\alpha=0,01$ $\xi_1(t) = 0,215$; $\xi_2(t) = 4,644$.

Немає лінійного зв'язку.

4.3. За z-функцією перетворення Фішера:

а) Для пари приладів 1,2:

$$\sigma_z = \frac{1}{\sqrt{N-3}} = 0,377964;$$

$$Z_p = \frac{1}{2} \ln \frac{1+r_{1,2}}{1-r_{1,2}} = 0,998477.$$

• Для $\alpha=0,05$ $z_p = 0,998477 > (z_{1-\alpha/2} \cdot \sigma_z) =$

$= z_{\{1-0,05/2\}} \cdot 0,377964 = 1,96 \cdot 0,37796 = 0,74081$;

• для $\alpha=0,01$ $z_p = 0,998477 > (z_{1-\alpha/2} \cdot \sigma_z) =$

$= z_{\{1-0,01/2\}} \cdot 0,377964 = 2,58 \cdot 0,37796 = 0,975148$.

$Z_p > (z_{1-\alpha/2} \cdot \sigma_z)$. **Лінійний зв'язок суттєвий.**

• Для $\alpha=0,05$ ступінь лінійності:

$$\xi_1(z) = \frac{Z_p}{(z_{1-\alpha/2} \cdot \sigma_z)} = 1,348;$$

ступінь нелінійності: $\xi_2(z) = 0,742$.

• Для $\alpha=0,01$ ступінь лінійності: $\xi_1(z) = 1,024$;

ступінь нелінійності: $\xi_2(z) = 0,977$.

б) Для пари приладів 1,3:

$$\sigma_z = \frac{1}{\sqrt{N-3}} = 0,377964;$$

$$Z_p = \frac{1}{2} \ln \frac{1+r_{1,2}}{1-r_{1,2}} = -0,08482.$$

• Для $\alpha=0,05$ $z_p = |-0,08482| < (z_{1-\alpha/2} \cdot \sigma_z) =$

$= z_{\{1-0,05/2\}} \cdot 0,377964 = 1,96 \cdot 0,37796 = 0,74081$;

• для $\alpha=0,01$ $z_p = |-0,08482| < (z_{1-\alpha/2} \cdot \sigma_z) =$

$= z_{\{1-0,01/2\}} \cdot 0,377964 = 2,58 \cdot 0,37796 = 0,975148$.

$Z_p < (Z_{1-\alpha/2} \cdot \sigma_z)$. **Немає лінійного зв'язку.**

• Для $\alpha = 0,05$ ступінь лінійності:

$$\xi_1(z) = \frac{Z_p}{(z_{1-\alpha/2} \cdot \sigma_z)} = 0,114;$$

ступінь нелінійності: $\xi_2(z) = 8,734$.

• Для $\alpha = 0,01$ ступінь лінійності: $\xi_1(z) = 0,089$;

ступінь нелінійності: $\xi_2(z) = 11,496$.

в) Для пари приладів 3,4:

$$\sigma_z = \frac{1}{\sqrt{N-3}} = 0,377964;$$

$$Z_p = \frac{1}{2} \ln \frac{1+r_{1,2}}{1-r_{1,2}} = -0,16715.$$

• Для $\alpha = 0,05$ $Z_p = |-0,16715| < (z_{1-\alpha/2} \cdot \sigma_z) =$
 $= z_{\{1-0,05/2\}} \cdot 0,377964 = 1,96 \cdot 0,37796 = 0,74081$;

• для $\alpha = 0,01$ $Z_p = |-0,16715| < (z_{1-\alpha/2} \cdot \sigma_z) =$
 $= z_{\{1-0,01/2\}} \cdot 0,377964 = 2,58 \cdot 0,37796 = 0,975148$.

$Z_p < (z_{1-\alpha/2} \cdot \sigma_z)$. **Немає лінійного зв'язку.**

• Для $\alpha = 0,05$ ступінь лінійності:

$$\xi_1(z) = \frac{Z_p}{(z_{1-\alpha/2} \cdot \sigma_z)} = 0,226;$$

ступінь нелінійності: $\xi_2(z) = 4,432$.

• Для $\alpha = 0,01$ ступінь лінійності: $\xi_1(z) = 0,171$;

ступінь нелінійності: $\xi_2(z) = 5,834$.

г) Для пари приладів 2,4:

$$\sigma_z = \frac{1}{\sqrt{N-3}} = 0,377964;$$

$$Z_p = \frac{1}{2} \ln \frac{1+r_{1,2}}{1-r_{1,2}} = 0,252744.$$

• Для $\alpha = 0,05$ $Z_p = 0,252744 < (z_{1-\alpha/2} \cdot \sigma_z) =$
 $= z_{\{1-0,05/2\}} \cdot 0,377964 = 1,96 \cdot 0,37796 = 0,74081$;

• для $\alpha = 0,01$ $Z_p = 0,252744 < (z_{1-\alpha/2} \cdot \sigma_z) =$
 $= z_{\{1-0,01/2\}} \cdot 0,377964 = 2,58 \cdot 0,37796 = 0,975148$.

$Z_p < (z_{1-\alpha/2} \cdot \sigma_z)$. **Немає лінійного зв'язку.**

• Для $\alpha = 0,05$ ступінь лінійності:

$$\xi_1(z) = \frac{Z_p}{(z_{1-\alpha/2} \cdot \sigma_z)} = 0,341;$$

ступінь нелінійності: $\xi_2(z) = 2,931$.

• Для $\alpha = 0,01$ ступінь лінійності: $\xi_1(z) = 0,259$;

ступінь нелінійності: $\xi_2(z) = 3,858$.

Перевірка нульової гіпотези $H_0: \rho=0$ рівності нулю генеральних коефіцієнтів кореляції (за оцінками вибірових коефіцієнтів кореляції) за $r_{кр}$, t-критерієм та z-функцією для двох рівнів значущості $\alpha=0,05$ та $\alpha=0,01$, оцінками ступенів лінійності кореляційного зв'язку: $\xi_1(r)$, $\xi_1(t)$, $\xi_1(z) > 1$ (при цьому $\xi_2(r)$, $\xi_2(t)$, $\xi_2(z) \leq 1$) та ступенів нелінійності кореляційного зв'язку $\xi_2(r)$, $\xi_2(t)$, $\xi_2(z) \geq 1$ (при цьому $\xi_1(r)$, $\xi_1(t)$, $\xi_1(z) < 1$) дозволили зробити такі висновки:

1) коефіцієнт кореляції $r_{1,2}$ статистично значущий (є надійний лінійний зв'язок) з рівнями значущості $\alpha=0,05$ та $\alpha=0,01$ за $r_{кр}$, t-критерієм та z-функцією;

2) коефіцієнти кореляції $r_{1,3}$, $r_{3,4}$, $r_{2,4}$ статистично незначущі (відсутній надійний лінійний зв'язок – є надійний нелінійний зв'язок) з рівнями значущості $\alpha=0,05$ та $\alpha=0,01$ за $r_{кр}$.

5. На рис. 3 показаний взаємозв'язок вмісту глюкози в плазмі капілярної крові Hb' та капілярній цільній крові Hb , виміряний на різних приладах. Як видно з рис. 3, між Hb' та Hb існує лінійний зв'язок.

6. Дослідження коливання пульсу (рис. 4 а), артеріального тиску (рис. 4 б), концентрації глюкози в капілярній крові (рис. 4 в) протягом ~ 9 тис. год. показало, що за такий тривалий час пульс коливався в межах від 75 до 95 поштовхів за 1 хв.; діастолічний тиск знаходився в межах 120-155 мм рт. ст. (підвищений; хворому С. рекомендовано приймати гіпотензивні препарати), систолічний тиск – 75-90 мм рт. ст. (в межах норми); а результати за концентрацією глюкози в капілярній цільній крові дозволили зробити такі висновки:

1) до 5 тис. год. від початку виявлення хвороби показники коливалися в межах від 5,55 (верхня межа здорової людини натще) до 8,5 ммоль/л (верхній гіперглікемічний рівень);

2) після 5 тис. год. ці коливання сягали 6-11 ммоль/л, що вимагало корекції лікування та харчування.

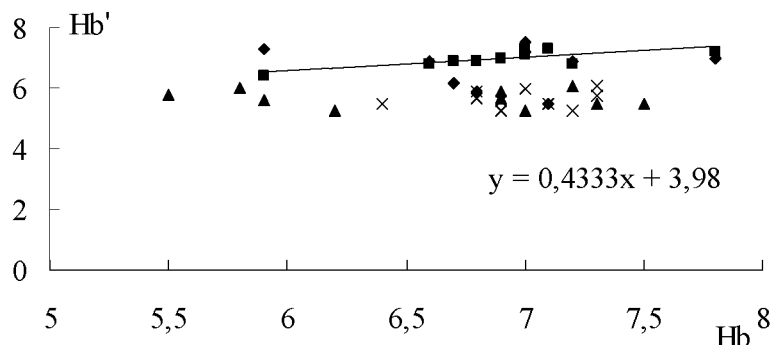


Рис. 3. Результати взаємозалежності вмісту глюкози в плазмі капілярної крові Hb' та капілярній цільній крові Hb , виміряних на різних приладах:

- – Аналізатор АГКМ-01 ~ Accu-Chek Active № 1;
- ▲ – Аналізатор КФК-3 ~ Accu-Chek Active № 2;
- ◆ – Аналізатор АГКМ-01 ~ Аналізатор КФК-3;
- × – Accu-Chek Active №1 ~ Accu-chek active №2.

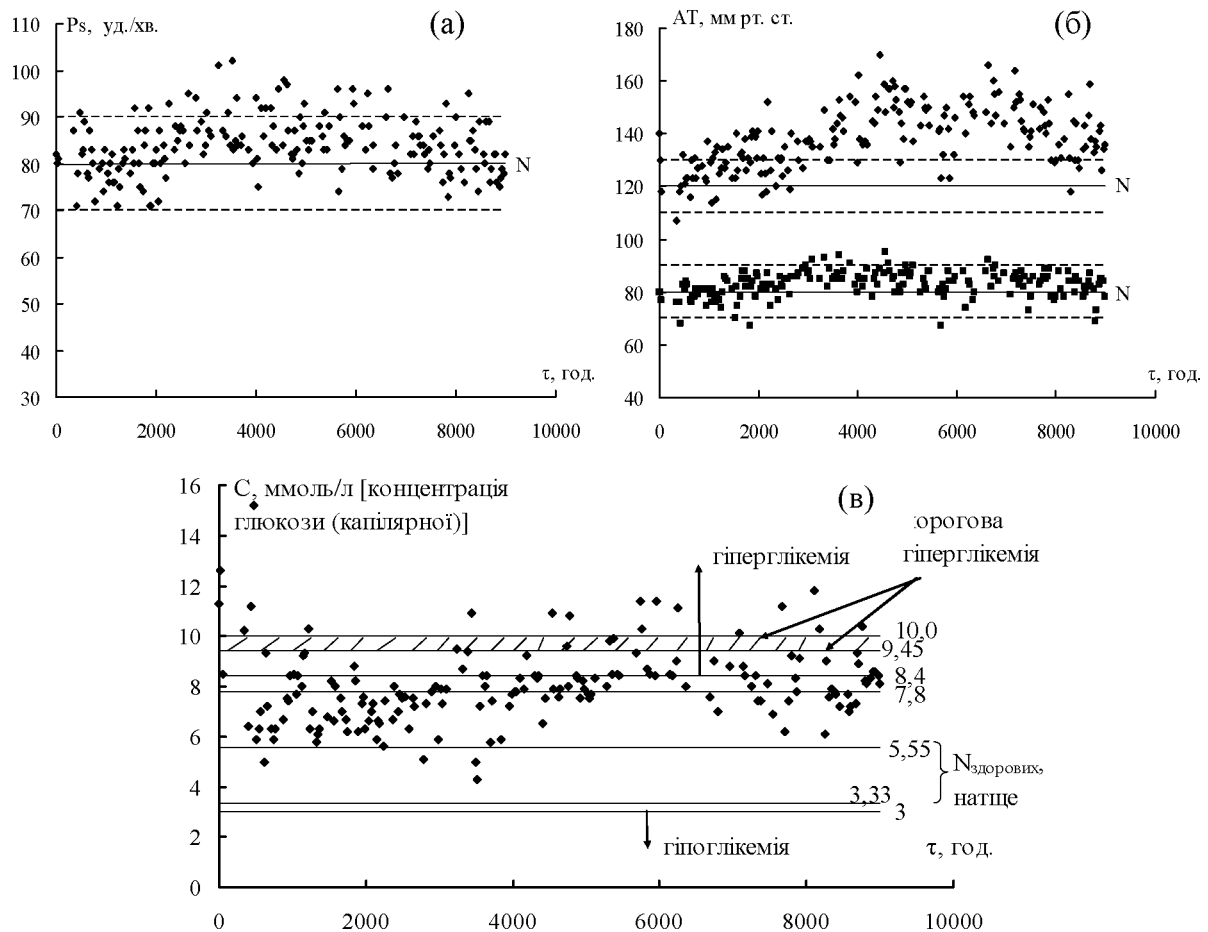


Рис. 4. Моніторинг фізіологічних параметрів в часі: пульс (а), тиск (б), концентрація глюкози в цільній крові (в) хворого С. на цукровий діабет.

Висновки

1. Описаний об'єкт дослідження, технічні характеристики та методи дослідження артеріального тиску (SIS, DIS), частоти пульсу серця, вміст глюкози в капілярній цільній крові та плазмі.

2. Оцінку відновленості результатів дано за 12-ма рівноточними дослідженнями, при цьому за ω^2 -критерієм показано, що ці результати підпорядковані нормальному закону розподілу Гаусса з максимальним рівнем значущості: 72,638% (тиск, SIS), 51,843% (тиск, DIS), 56,436% (пульс), 39,612% (вміст глюкози в капілярній цільній крові) та 39,610 (вміст глюкози в плазмі капілярної крові).

3. Порівняння результатів дослідження за 10-ма рівноточними одночасними вимірюваннями вмісту глюкози в капілярній цільній крові на чотирьох приладах показало, що ці результати підпорядковані нормальному розподілу Гаусса з максимальним рівнем значущості: 53,366–71,112%, ступінь підпорядкування (для рівня значущості 50%) складає 1,39–3,17, що дозволило з високою точністю і надійністю встановити лінійний кореляційний зв'язок, який за вмістом глюкози в цільній крові складає 76,095% (між

аналізатором АГКМ-01 та глюкометром Accu-Chek Active № 1). Між аналізатором АГКМ-01 та аналізатором КФК-3, між аналізатором КФК-3 та глюкометром Accu-Chek Active № 2, між глюкометрами Accu-Chek Active № 1 і № 2 такий зв'язок відсутній.

4. Між вмістом глюкози в капілярній цільній крові (Hb) та в плазмі крові (Hb') існує лінійна взаємозалежність.

5. Перевірка за вибірковими даними нульової гіпотези про рівність генеральних дисперсій результатів дослідження вмісту глюкози в капілярній цільній крові, отриманих на різних приладах та різною методикою, показала, що для приладів 1,2; 1,3; 2,4 з рівнем значущості 0,05 і 0,01 та для приладів 3,4 з рівнем значущості $\alpha=0,01$ така рівність статистично суттєва.

6. Перевірка за вибірковими даними нульової гіпотези про рівність генеральних середніх результатів дослідження вмісту глюкози в капілярній цільній крові, отриманих на різних приладах та за різною методикою, показала, що для приладів 1,2 (аналізатора АГКМ-01 та прилада Accu-Chek Active № 1); 1,3 (аналізатора АГКМ-01 та аналізатора КФК-3) спостерігається суттєва статистична рівність з рівнями значущості $\alpha=0,01$ і $\alpha=0,05$, а для приладів 3,4 (аналізатор КФК-3 та

Accu-Chek Active № 2) та 2,4 (приладів Accu-Chek Active № 1 та № 2) така статистична нерівність суттєва для $\alpha=0,01$ та $\alpha=0,05$.

7. Перевірка значущості лінійної кореляції між результатами вмісту глюкози в капілярній цільній крові, що отримані на різних приладах за критичним коефіцієнтом кореляції, t-критерієм Стюдента, та z-перетворенням Фішера, показала, що між результатами на приладах 1,2 (аналізатора АГКМ-01 та прилада Accu-Chek Active № 1) є надійний лінійний зв'язок з рівнями значущості $\alpha=0,01$ та $0,05$, для решта пар приладів між

результатами надійного лінійного зв'язку не виявлено.

8. Показано, що результати вимірювання артеріального тиску, пульсу та концентрації глюкози в капілярній цільній крові за 9000 год. дослідження хворого на цукровий діабет розсіюється вище норм показників середніх та нормованих інтервалів:

- межі тиску SIS: 115 – 165 мм.рт.ст.; межі тиску DIS: 70 – 95 мм.рт.ст.;
- вміст глюкози в крові: 5 – 12 ммоль/л;
- межі пульсу: 70 – 105 пошт./хв.

Література

1. Кузишин О.В., Ковалишин Н.В., Алмашина Х.В. Біохемія цукрового діабету: 1. Теоретична частина (огляд) // Вісник Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника. Серія Хімія. – Вип. IX, 2010. – С. 74 – 115.
2. Бубнова М.М., Мартынова М.И. Сахарный диабет у детей. – Москва, 1963.
3. Традиционные и новые подходы к лечению сахарно диабета 2 типа // Международный эндокринологический журнал. – 2010. – №6(30). – с. 1 – 3 (Сообщения, прозвучавшие на закрытом мастер-классе еркСерано, проходившим одноресно с 44-й ежегодной сессии Европейской ассоциации по изучению сахарного диабета (EASD) в Риме 9.09.2008).
4. Внутренние болезни: Под ред. проф. Г.И. Бурчинского, изд. 2-е, испр. и доп. – Київ: Вища школа, 1981. – 768 с.
5. Біохімічні показники в нормі і при патології / Д.П. Бойків, Т.І. Бондарчук, О.Л. Іванків та ін. / За ред. О.Я. Склярєва. – Київ: Медицина, 2007. – 320 с.: іл. (9 рис.). – Табл. 163. – Предм. покаж.: с. 304-314. – Бібліогр.: с. 315-318 (44 назви). – ISBN 966-8144-16-3.
6. Методические рекомендации по точному измерению артериального давления. Модель UA-705. – Япония: фирма Эй энд Ди, 2009. – 30 с.
7. Модель UA-705. Измеритель артериального давления и частоты пульса цифровой: Технический паспорт и руководство по эксплуатации // Эй энд Ди Кампани, Япония. – Токио: Хигаши – Икебукуро, Тошима – ку, 2009. – 8 с.
8. Прибор для измерения артериального давления и частоты пульса цифровой LD6: Руководство по эксплуатации. – Hamburg, Germany: Little Doctor Int. (S) PTE. Ltd., 2008. – 19 с.
9. Акку-Чек Актив. – прилад для контролю рівня глюкози крові: Інструкція користувача. – Київ: Представництво компанії «Хофман – Ля Рош Лтд. в Україні, 2008. – 52 с.
10. Адлер Ю.П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю.П. Адлер, Е.В. Маркова, Ю.В. Грановский. – 2-е изд., перераб. и допол. – Москва: Наука, 1976. – 280 с.: ил., табл. – Библиогр. в конце гл.
11. Бендат Дж.С. Измерение и анализ случайных процессов / Дж.С. Бендат, А.Г. Пирсол; пер. с англ. Г.В. Матушевского, В.Е. Привальского; под ред. И.Н. Коваленко. – Москва: Мир, 1971. – 408 с. – Перевод за изд.: Measurement and analysis of random data / Julius S. Bendat, Allan G. Piersol. – John Wiley and Sons, Inc. – New York-London-Sydney, 1967: ил., табл. – Предмет. указатель: с. 403-408. – Библиогр.: с. 400-402 (59 наименов.).
12. Зажигаев Л.С. Методы планирования и обработки результатов физического эксперимента / Л.С. Зажигаев, А.А. Кишьян, Ю.И. Романиков. – Москва: Атомиздат, 1978. – 232 с.: ил., табл. – Приложение: с. 144-229 (16 табл.). – Библиогр.: с. 230-231.
13. Мюллер П., Нойман П., Шторм Р. Таблицы по математической статистике / Пер. с нем. и предисловие В.М. Ивановой. – Москва: Финансы и статистика, 1982. – 272 с.: ил.
14. Степнов М.Н. Статистическая обработка результатов механических испытаний / Михаил Никитович Степнов. – Москва: Машиностроение, 1972. – 232 с. : ил., табл. – Библиогр.: с. 229-230 (36 назв.).

Ковалишин Н.В. – магістрант кафедри теоретичної та прикладної хемії.

Алмашина Х.В. – студентка I курсу, спеціальності «педіатрія», медичний факультет №3.

Кузишин О.В. – викладач курсу «Медична хемія для хеміків» кафедри теоретичної та прикладної хемії.

Мідак Л.Я. – кандидат хімічних наук, доцент кафедри теоретичної та прикладної хемії, викладач курсу «Математичні методи в біології».

Рецензент

Мазєна М.А. – професор, доктор медичних наук, професор кафедри біохемії та біотехнології Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника.