



Г.О. Ревенко

Дніпровський державний медичний університет, Дніпро

Вплив CD4⁺ Т-лімфоцитів на напруженість протидифтерійного імунітету в дорослих осіб, які живуть із ВІЛ

Вакцинація є важливим інструментом для профілактики інфекційних захворювань. Люди, які живуть із вірусом імунодефіциту людини (ВІЛ), становлять вразливу групу, оскільки вони піддаються більшому ризику захворіти або перенести ускладнений перебіг інфекційних захворювань, яким можна запобігти за допомогою вакцин. Дифтерія — найяскравіший приклад такої інфекційної патології.

Мета роботи — визначити рівень серопротекції проти дифтерії та оцінити вплив рівня CD4⁺ Т-лімфоцитів на напруженість протидифтерійного імунітету в людей, які живуть із ВІЛ.

Матеріали та методи. У дослідження було залучено 90 людей, які живуть із ВІЛ (ЛЖВ). Середній вік становив (40,1 ± 0,9) року. Визначення рівня антидифтерійних антитіл проводили методом імуноферментного аналізу з використанням діагностичної тест-системи RIDASCREEN Diphtheria IgG (R-Biopharm AG, Німеччина). Кількісний вміст CD4⁺ Т-лімфоцитів визначали за допомогою методу проточної цитометрії з використанням моноклональних антитіл. Статистичну обробку проводили за допомогою ліцензійної програми Statistica v. 6.1.

Результати та обговорення. Медіана протидифтерійних антитіл у ЛЖВ становила 0,17 (0,09–0,38) МО/мл. Частка незахищених щодо дифтерії ЛЖВ — 93,3 % (n = 84). Установлено статистично значущий прямо пропорційний зв'язок між падір CD4⁺ Т-лімфоцитів і ступенем напруженості протидифтерійного імунітету ($r_s = 0,49$; $p < 0,001$). За результатом ROC-аналізу, високий ризик відсутності імунітету проти дифтерії прогнозується при зниженні рівня падір CD4⁺ Т-лімфоцитів < 126 клітин/мкл (чутливість тесту — 81,5 %, специфічність — 100,0 %, діагностична ефективність критерію — 82,6 %).

Висновки. Серологічний протидифтерійний статус ЛЖВ є критично низьким. Оцінка рівня падір CD4⁺ Т-лімфоцитів є інформативною для визначення ризику імунологічної незахищеності ЛЖВ від дифтерії. Оскільки збільшення вмісту CD4⁺ Т-лімфоцитів на тлі антиретровірусної терапії не сприяє «відновленню» специфічного імунітету, такі ЛЖВ потребуватимуть бустерного введення дифтерійного анатоксину.

Ключові слова

ВІЛ-інфекція, серопревалентність, імунітет, дифтерія, CD4⁺ Т-лімфоцити, вакцинація, анатоксин.

Через 40 років після відкриття вірус імунодефіциту людини (ВІЛ) залишається однією з головних проблем охорони здоров'я в усьому світі. Після впровадження антиретровірусної терапії (АРТ), яка перетворила ВІЛ-інфекцію з гострого та смертельного захворювання на хронічну латентну інфекцію, хоча і досить складну, тривалість та якість життя більшості людей, які

живуть із ВІЛ (ЛЖВ), є порівнянними з такими ВІЛ-негативних осіб. За попередніми даними, у США та Європі вік більше половини ЛЖВ до 2025 р. становитиме понад 65 років. Незважаючи на АРТ, у частини ЛЖВ не відбувається повного відновлення CD4⁺ Т-лімфоцитів. Очікувана тривалість життя таких осіб на 30 років менша, ніж у загальній популяції. Тому актуальними є

Таблиця 1. Ранжування напруженості антитоксичного імунітету проти дифтерії

Рівень протидифтерійних антитіл IgG, МО/мл	Рівень захисту	Рекомендації щодо вакцинації
< 0,1	Захист відсутній	Основна імунізація
0,1–0,9	Мінімальний	Бустерна імунізація
1,0–1,4	Середній	Контроль через 2 роки
≥ 1,5	Високий	Контроль через 5–10 років

питання щодо первинної допомоги ЛЖВ дорослого віку [2–6, 11, 13, 17].

Вакцинація — важливий інструмент для запобігання інфекційним захворюванням. Люди, які живуть із ВІЛ, є вразливою групою, оскільки вони піддаються більшому ризику захворіти або перенести ускладнений перебіг інфекційних захворювань, яким можна запобігти за допомогою вакцинопрофілактики. Дифтерія — класичний приклад такої інфекційної хвороби. Рівень антитіл, індукованих вакциною, у ЛЖВ може знижуватися швидше, ніж у загальній популяції [1, 3, 7, 14].

Сучасні дослідження встановили, що анатоксини мають аналогічний профіль безпечності як у ЛЖВ, так і у ВІЛ-неінфікованих осіб. Імунізація ЛЖВ є важливим завданням, оскільки немає переконливих даних щодо негативного впливу анатоксинів на стан здоров'я зазначеної категорії населення та/або пришвидшення прогресування захворювання. Отже, переваги вакцинації переважають теоретичні ризики [8, 9, 15, 16].

Програми вакцинації дітей у розвинених країнах здебільшого досягають поставлених цілей, тоді як рівень охоплення вакцинацією дорослих часто є суттєво нижчим за бажаний [1, 8]. Війна в Україні ускладнила доступ до вакцин і проведення планової вакцинації, збільшивши ризик спалаху інфекційних хвороб. За даними Центру громадського здоров'я МОЗ України, серед дорослого населення рівень охоплення вакцинацією проти дифтерії та правця за 7 міс 2023 р. становив лише 25,0 %, тоді як у 2022 р. — 40,2 %, у 2021 р. — 45,5 % [10].

Незважаючи на існуючі ризики для здоров'я, дослідження серологічного статусу щодо дифтерії серед ЛЖВ дорослого віку в Україні раніше не проводили, що зумовлює актуальність обраної теми.

Мета роботи — визначити рівень серопротекції проти дифтерії та оцінити вплив рівня

CD4⁺ Т-лімфоцитів на напруженість протидифтерійного імунітету в людей, які живуть із ВІЛ.

Матеріали та методи

У дослідження було залучено 90 ЛЖВ, які перебувають на обліку в міському центрі боротьби з ВІЛ/СНІД. Серед пацієнтів була 51 (56,7 %) жінка та 39 (43,3 %) чоловіків віком від 22 до 60 років, середній вік — $(40,1 \pm 0,9)$ року.

В анамнезі ніхто не хворів на дифтерію. Усі обстежені отримали курс вакцинації проти дифтерії в дитинстві: 3 дози вакцинації та 3 дози ревакцинації (остання — у 14 років) згідно з попереднім національним календарем щеплень. Отримували АРТ 69 (76,7 %) пацієнтів. Медіана рівня Т-хелперів (CD3⁺CD4⁺, CD4⁺ Т-лімфоцити) на момент обстеження становила 364,5 (164–510) (діапазон — 16–1230) клітин (кл) у 1 мкл, найнижчий рівень (перед призначенням АРТ) nadir Т-хелперів — 67 (43–126) (діапазон — 5–245) кл/мкл.

Визначення рівня антидифтерійних антитіл проводили методом імуноферментного аналізу (ІФА) з використанням діагностичної тест-системи RIDASCREEN Diphtheria IgG (R-Biopharm AG, Німеччина). Оцінку напруженості антидифтерійного імунітету здійснювали відповідно до інструкції виробника. У табл. 1 наведено рекомендації щодо вакцинації проти дифтерії залежно від рівня антитоксичних антитіл (згідно з інструкцією виробника).

Кількісний вміст Т-хелперів визначали методом проточної цитометрії з використанням моноклональних антитіл.

Верифікацію діагнозу «ВІЛ-інфекція» здійснювали шляхом виявлення специфічних антитіл до ВІЛ за допомогою ІФА. З використанням полімеразної ланцюгової реакції визначали вірусне навантаження ВІЛ у 1 мл плазми крові. Стадію ВІЛ-інфекції встановлювали згідно з клінічною класифікацією ВООЗ.

Усі обстежені особи були повністю ознайомлені з обсягом діагностичних заходів та надали інформовану згоду на участь у науковому дослідженні, проведеному з дотриманням біоетичних норм.

Обробку отриманих даних виконували за допомогою програми статистичної обробки даних Statistica 6.1 (StatSoft Inc., серійний № AGAR909 E415822FA), програмних продуктів Microsoft Excel (Office Home Business 2KB4Y-6H9DB-BM47K-749PV-PG3KT) і MedCalc Version 22.013 free trial version (<https://www.medcalc.org/download.php>, 2013). З урахуванням закону розподілу кількісних даних, оціненого за критерієм Шапіро—Уїлка, використовували параметричні

Таблиця 2. Розподіл ЛЖВ залежно від напруженості протидифтерійного імунітету

Імунітет	Рівень антитіл, МО/мл	Група	Кількість осіб (n = 90)		Рівень антитіл, МО/мл
			n	%	
Проти дифтерії	< 0,1 (відсутній захист)	I	30	33,3	0,06 (0,04–0,09)
	0,1–0,9 (мінімальний рівень)	II	54	60,0	0,26 (0,16–0,39)
	≥ 1,0 (середній і високий рівень)	III	6	6,7	1,35 (1,08–1,62)

та непараметричні характеристики й методи аналізу: для даних, що відповідали нормальному розподілу, — середнє арифметичне (M), стандартну похибку (m), стандартне відхилення (SD), в інших випадках — медіану (Me), міжквартильний розмах (LQ–HQ), непараметричний аналіз Краскела–Уолліса з попарним порівнянням за критерієм Данна (Dunn post hoc test), для порівняння відносних величин — критерій χ^2 Пірсона. Взаємозв'язок між ознаками оцінювали за коефіцієнтом рангової кореляції Спірмена (r_s). ROC-аналіз використовували для оцінки прогностичної значущості nadir CD4⁺ Т-лімфоцитів. За критичний рівень статистичної значущості (p) при перевірці усіх гіпотез приймали < 0,05 [12].

Результати та обговорення

Рівень протидифтерійних антитіл у ЛЖВ становив 0,17 (0,09–0,38) МО/мл. При детальнішому вивченні показників серопревалентності протидифтерійних антитіл виявилось, що частка захищених ЛЖВ (середній і високий рівень захисту) становила лише 6,7 % (n = 6), тобто була критично низькою. Рівень антидифтерійних IgG у групі з високим та середнім захистом становив 1,35 (1,08–1,62) МО/мл (група III).

Мінімальний рівень захисту виявлено в 54 (60,0 %) обстежених (група II), що є дуже сумнівним щодо захисту проти дифтерії (табл. 2). У 30 (33,3 %) ЛЖВ зареєстровано вміст антитіл, що фактично відповідає серонегативному статусу (група I). Загалом на частку незахищених щодо дифтерії ЛЖВ припадало 93,3 %.

Виділені групи статистично значущо не відрізнялися за співвідношенням статей: у групі I — 1,5 : 1,0, у групі II — 1,3 : 1,0, у групі III — 1,0 : 1,0 ($p_{\chi^2} = 0,873$). Клінічна стадія ВІЛ-інфекції не впливала на рівень антидифтерійної серопротекції: у групах I та II переважали пацієнти з III — IV стадією (63,3 % у групі I, 90,5 % у групі II, 50,0 % у групі III, $p_{\chi^2} = 0,127$). Виявлено слабкий обернено пропорційний зв'язок між старшим віком і низьким рівнем імунологічного захисту проти дифтерії ($r_s = -0,21$; $p = 0,047$), що поясню-

ється таким явищем, як вікова «імуна старість» — імуносенесценція (природна дисфункція імунної системи, що поступово прогресує з віком).

Дослідження показало, що прийом АРТ не впливав на рівень протидифтерійних IgG: кількість пацієнтів, які отримували АРТ, у групах I, II та III становила 80,0; 75,9 і 66,7 % відповідно ($p_{\chi^2} = 0,764$). Тривалість АРТ — від 1 до 11 років, медіана — 2,0 (2,0–4,0) року. За цим показником групи статистично значущо не відрізнялися ($p = 0,362$). Рівень вірусного навантаження (медіана — 40 (40–2383) копій/мл) не може слугувати предиктором серопротекції проти дифтерії ($p = 0,98$).

Не виявлено статистично значущих зв'язків між рівнем антиоксичних антитіл проти дифтерії та кількістю CD4⁺ Т-лімфоцитів у момент дослідження (рис. 1). Так, рівень протидифтерійних антитіл становив від 0,21 (0,10–0,41) МО/мл при концентрації Т-хелперів < 200 кл/мкл (n = 25; 27,8 %) до 0,17 (0,07–0,38) МО/мл і 0,14 (0,09–0,34) при вмісті CD4⁺-клітин 200–500 кл/мкл (n = 42; 46,7 %) і > 500 кл/мкл (n = 23; 25,5 %) ($p = 0,632$).

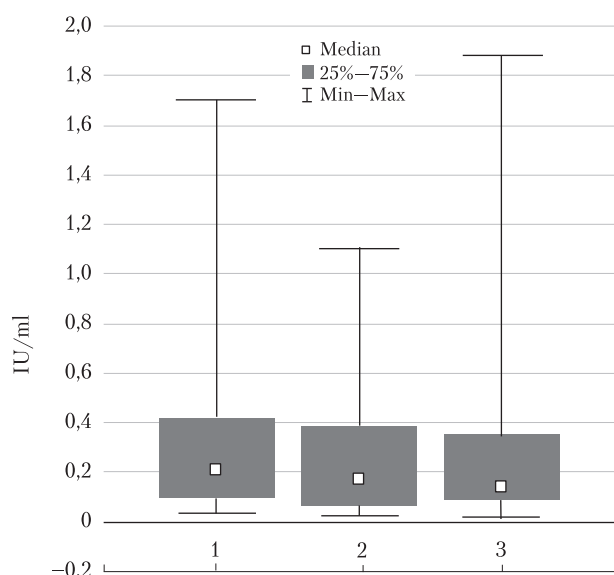


Рис. 1. Рівень антиоксичних антитіл проти дифтерії залежно від ступеня імуносупресії

Примітка. 1 — CD4⁺ < 200 кл/мкл; 2 — CD4⁺ — 200–500 кл/мкл; 3 — CD4⁺ > 500 кл/мкл.

Таблиця 3. Розподіл ЛЖВ, які отримують АРТ, залежно від напруженості протидифтерійного імунітету

Імунітет	Рівень антитіл, МО/мл	Підгрупа	Кількість осіб (n = 69)		Рівень антитіл, МО/мл
			n	%	
Проти дифтерії	< 0,1 (відсутній захист)	IA	24	34,8	0,06 (0,03–0,09)
	0,1–0,9 (мінімальний рівень)	IIA	41	59,4	0,26 (0,17–0,38)
	≥ 1,0 (середній та високий рівень)	IIIA	4	5,8	1,35 (1,08–1,74)

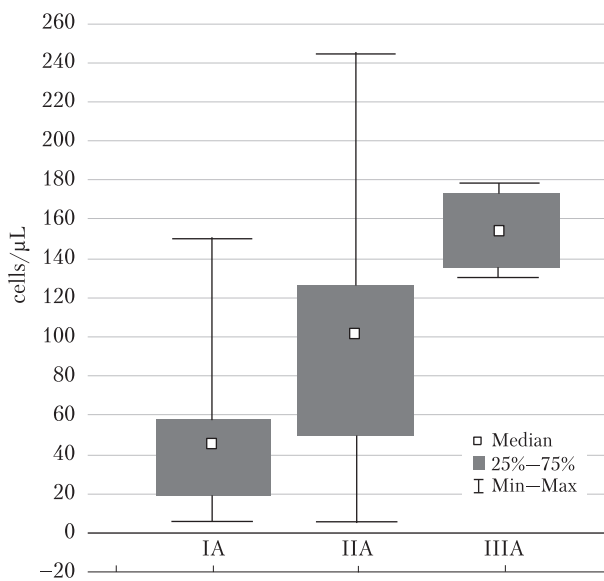


Рис. 2. Рівень nadir CD4+ Т-лімфоцитів залежно від напруженості антидифтерійного імунітету

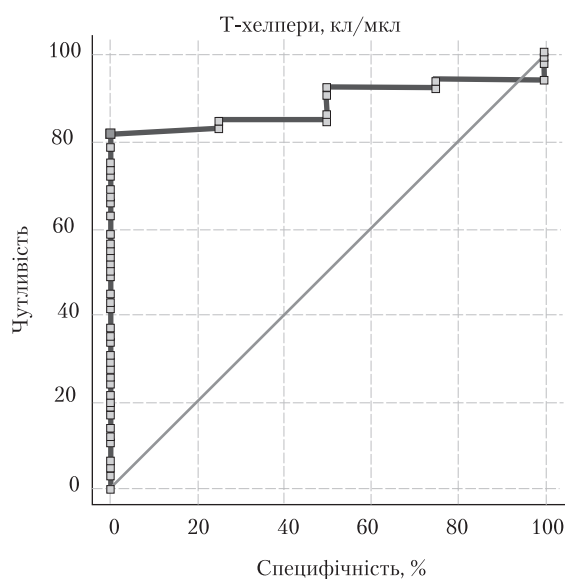


Рис. 3. ROC-крива показника nadir CD4+ Т-лімфоцитів у визначенні ризику незахищеності проти дифтерії ЛЖВ

Установлено, що наявність імунологічної захищеності проти дифтерії в ЛЖВ асоціюється зі статистично значущо більшою кількістю Т-хелперів до початку АРТ порівняно з особами з від-

сутнім/низьким рівнем захисту, це підтверджується наявністю статистично значущого прямо пропорційного зв'язку між nadir CD4+ Т-лімфоцитів і ступенем напруженості протидифтерійного імунітету ($r_s = 0,49$; $p < 0,001$).

Для вивчення nadir CD4+ Т-лімфоцитів як прогностичного чинника тривалості поствакцинального імунітету проти дифтерії пацієнтів, які отримують АРТ ($n = 69$), аналогічним чином розподілено на 3 підгрупи залежно від протидифтерійного імунного статусу (табл. 3).

Середня кількість nadir CD4+ Т-лімфоцитів у пацієнтів підгрупи IA становила 45,5 (19,0–57,5) кл/мкл (рис. 2), що в 2,2 разу менше, ніж у пацієнтів підгрупи IIA (102,0 (50,0–126,0) кл/мкл; $p = 0,004$), і в 3,4 разу менше, ніж у пацієнтів підгрупи IIIA (154,5 (136,0–173,0) кл/мкл; $p_{IA-IIA} = 0,002$; $p_{IIA-IIIA} = 0,049$, за критерієм Данна).

Для прогнозування ризику імунологічної незахищеності ЛЖВ проти дифтерії проведено ROC-аналіз (рис. 3). Установлено, що високий ризик відсутності імунітету проти зазначеної інфекційної патології прогнозується при зниженні рівня nadir Т-хелперів < 126 кл/мкл (площа AUC – 0,883 (0,783–0,948), $p < 0,001$, чутливість тесту – 81,5 %, специфічність – 100,0 %, діагностична ефективність критерію – 82,6 %).

Отже, рівень протидифтерійних антитіл у ЛЖВ дорослого віку дуже низький. Це пояснюється тим, що дифтерійний анатоксин належить до вакцин, які генерують Т-клітинно-залежну відповідь. Тому і імунна відповідь, і тривалість адаптивного імунного захисту напряму залежать від стану Т-клітинної ланки. Збільшення рівня Т-хелперів на тлі АРТ не сприяло «відновленню» специфічного антитоксичного імунітету.

Дослідження показало, що переважна частина ЛЖВ є сприйнятливою до інфекційної патології, якій можна запобігти лише імунопрофілактикою. Виявлено вкрай низький серопротекторний статус проти дифтерії в групі ризику.

Отримані дані продемонстрували, що ЛЖВ, в яких спостерігається порушення гуморального імунітету, необхідне бустерне введення дифтерійного анатоксину для досягнення адекватного та стійкого захисту від дифтерії.

Надзвичайно важливо, щоб усе населення України мало стійкий і тривалий захист від серйозних ризиків для здоров'я, яким можна запобігти завдяки імунізації. В умовах війни та гуманітарної кризи вакцинопрофілактика є питанням національної безпеки.

Висновки

Серологічний протидифтерійний статус ЛЖВ дорослого віку є критично низьким.

Конфлікту інтересів немає.

Оцінка рівня падір CD4⁺ Т-лімфоцитів є інформативною для визначення ризику імунологічної незахищеності ЛЖВ проти дифтерії, який, за результатом ROC-аналізу, прогнозується при зниженні рівня падір CD4⁺ Т-лімфоцитів < 126 кл/мкл.

Оскільки зростання рівня CD4⁺ Т-лімфоцитів на тлі АРТ не сприяє «відновленню» специфічного імунітету, такі ЛЖВ потребують бустерного введення дифтерійного анатоксину.

Список літератури

- Boey L, Bosmans E, Ferreira LB, et al. Seroprevalence of antibodies against diphtheria, tetanus and pertussis in adult at-risk patients. *Vaccines (Basel)*. 2021 Jan 4;9(1):18. doi: 10.3390/vaccines9010018. PMID: 33406698.
- Cunha GH, Galvão MT, Medeiros CM, Rocha RP, Lima MA, Fechine FV. Vaccination status of people living with HIV/AIDS in outpatient care in Fortaleza, Ceará, Brazil. *Braz J Infect Dis*. 2016 Sep-Oct;20(5):487-93. doi: 10.1016/j.bjid.2016.07.006. Epub 2016 Aug 16. PMID: 27542868; PMCID: PMC9425449.
- De Vito A, Colpani A, Trunfio M, et al. Living with HIV and Getting Vaccinated: A Narrative Review. *Vaccines (Basel)*. 2023 Apr 25;11(5):896. doi: 10.3390/vaccines11050896. PMID: 37243000; PMCID: PMC10220625.
- De Vito A, Ricci E, Menzaghi B, et al. Causes of HIV treatment interruption during the last 20 years: a multi-cohort real-life study. *Viruses*. 2023 Mar 10;15(3):720. doi: 10.3390/v15030720. PMID: 36992429; PMCID: PMC10055812.
- El Chaer F, El Sahly HM. Vaccination in the adult patient infected with HIV: A review of vaccine efficacy and immunogenicity. *Am J Med*. 2019 Apr;132(4):437-46. doi: 10.1016/j.amjmed.2018.12.011. PMID: 30611828.
- Hernando V, Suárez L, Gutiérrez G, et al. Vaccination trends in people with HIV infection participating in the hospital-based survey of patients infected with HIV, 2006-2021. *Enferm Infecc Microbiol Clin (Engl Ed)*. 2023;S2529-993X(23)00246-0. doi: 10.1016/j.eimce.2023.07.006. PMID: 37573244.
- Mullaert J, Abgrall S, Lele N, et al; ANRS VIHVO Study Group. Diphtheria, tetanus, poliomyelitis, yellow fever and hepatitis B seroprevalence among HIV1-infected migrants. Results from the ANRS VIHVO vaccine sub-study. *Vaccine*. 2015 Sep 11;33(38):4938-44. doi: 10.1016/j.vaccine.2015.07.036. Epub 2015 Jul 23. PMID: 26209841.
- Nunes MC, Tamblyn A, Jose L, et al. Immunogenicity of tetanus, diphtheria and acellular pertussis vaccination among pregnant women living with and without HIV. *AIDS*. 2023 Sep 29. doi: 10.1097/QAD.0000000000003731. PMID: 37773052.
- Pinto Neto LFDS, Vieira JV, Ronchi NR. Vaccination coverage in a cohort of HIV-infected patients receiving care at an AIDS outpatient clinic in Espírito Santo, Brazil. *Braz J Infect Dis*. 2017 Sep-Oct;21(5):515-9. doi: 10.1016/j.bjid.2017.03.021.
- Public Health Center of Ukraine Ministry of Health [Internet]. Public Health Center of Ukraine Ministry of Health; [cited November 12 2023]. Available at: <https://www.phc.org.ua/>
- Revenko HO, Mavrutentkov VV, Chykarenko ZO. Clinical and laboratory predictors of antitoxic immunity against diphtheria and tetanus in adults with HIV infection. *Medicni perspektivi*. 2020;25(3):117-24. doi: 10.26641/2307-0404.2020.3.214846.
- Riffenburgh RH. *Statistics in Medicine*. 3rd ed.; Elsevier, 2012. 738 p.
- Simani OE, Izu A, Nunes MC, et al. Effect of HIV exposure and timing of antiretroviral therapy initiation on immune memory responses to diphtheria, tetanus, whole cell pertussis and hepatitis B vaccines. *Expert Rev Vaccines*. 2019 Jan;18(1):95-104. doi: 10.1080/14760584.2019.1547195. Epub 2018 Nov 19. PMID: 30417710; PMCID: PMC6842654.
- Speranza FA, Ishii SK, Thuler LC, et al. Diphtheria antibodies and T lymphocyte counts in patients infected with HIV-1. *Braz J Microbiol*. 2012 Jul;43(3):946-50. PMID: 24031911; PMCID: PMC3768853.
- Sticchi L, Bruzzone B, Caligiuri P, et al. Seroprevalence and vaccination coverage of vaccine-preventable diseases in perinatally HIV-1-infected patients. *Hum Vaccin Immunother*. 2015;11(1):263-9. doi: 10.4161/hv.36162. Epub 2014 Nov 1. PMID: 25483544; PMCID: PMC4514310.
- Tortellini E, Fosso Nguangue YC, Dominelli F, et al. Immunogenicity and efficacy of vaccination in people living with human immunodeficiency virus. *Viruses*. 2023 Aug 30;15(9):1844. doi: 10.3390/v15091844. PMID: 37766251.
- Trickey A, Zhang L, Sabin CA, Sterne JAC. Life expectancy of people with HIV on long-term antiretroviral therapy in Europe and North America: A cohort study. *Lancet Healthy Longev*. 2022;3:S2. doi: 10.1016/S2666-7568(22)00063-0.

Н.О. Revenko

Dnipro State Medical University, Dnipro, Ukraine

The Influence of CD4⁺ T-Lymphocytes on the Strength of Anti-Diphtheria Immunity in Adult People Living with HIV

Vaccination is an important tool for preventing infectious diseases. People living with HIV (PLHIV) are a vulnerable group because they are at greater risk of contracting or developing complications from vaccine-preventable infectious diseases. Diphtheria is the most striking example of such an infectious pathology.

Objective – to determine the level of seroprotection against diphtheria and assess the impact of CD4⁺ T-lymphocyte levels on the intensity of anti-diphtheria immunity in PLHIV.

Materials and methods. 90 PLHIV were involved in the study, the average age was (40.1 ± 0.9) years. Anti-diphtheria antibody levels were determined by enzyme-linked immunoenzyme assay using the RIDASCREEN Diphtheria IgG diagnostic test system (R-Biopharm AG, Germany). The quantitative content of CD4⁺ T-lymphocytes was determined using the flow cytometry method using monoclonal antibodies. Statistical processing was performed using the Statistica v. 6.1 license program.

Results and discussion. The study revealed that the median level of anti-diphtheria antibodies in PLHIV was 0.17 IU/ml (0.09–0.38 IU/ml). The proportion of PLHIV without protection against diphtheria was 93.3 % (n = 84). A significant positive correlation was observed between the nadir of CD4⁺ T-lymphocytes and the strength of anti-diphtheria immunity ($r_s = 0.49$, $p < 0.001$). ROC analysis indicated that a nadir level of CD4⁺ T-lymphocytes below 126 cells/ μ l predicts a high risk of lacking immunity against diphtheria, with a test sensitivity of 81.5 %, specificity of 100 %, and diagnostic efficiency of 82.6 %.

Conclusions. The serological anti-diphtheria status of PLHIV is considered critically low. Assessment of the nadir level of CD4⁺ T-lymphocytes proved to be informative for determining the risk of immunological vulnerability of PLHIV against diphtheria. Since the increase in the level of CD4⁺ T-lymphocytes against the background of antiretroviral therapy does not lead to «restoration» of specific immunity, such PLHIV will need a booster administration of diphtheria toxoid.

Keywords: HIV infection, seroprevalence, immunity, diphtheria, CD4⁺ T-lymphocytes, vaccination, toxoid.

Контактна інформація / Corresponding author

Ревенко Георгій Олександрович, PhD, асист. кафедри інфекційних хвороб
<https://orcid.org/0000-0001-6767-7743>
49044, м. Дніпро, вул. Вернадського, 9
E-mail: georev@ukr.net

Стаття надійшла до редакції/Received 09.01.2024.

Стаття рекомендована до опублікування/Accepted 12.02.2024.

ДЛЯ ЦИТУВАННЯ

- Ревенко ГО. Вплив CD4⁺ Т-лімфоцитів на напруженість протидифтерійного імунітету в дорослих осіб, які живуть із ВІЛ. Туберкульоз, легеневі хвороби, ВІЛ-інфекція. 2024;1:35-40. doi: 10.30978/TB2024-1-35.
- Revenko HO. [The Influence Of CD4⁺ T-Lymphocytes on the Strength of Anti-Diphtheria Immunity in Adult People Living with HIV]. Tuberculosis, Lung Diseases, HIV Infection (Ukraine). 2024;1:35-40. <http://doi.org/10.30978/TB2024-1-35>. Ukrainian.