

© Андрейчин М.А., Шкільна М.І., Гук М.Т., 2022
 УДК 616.98:579.834.114]-084
 DOI 10.11603/1681-2727.2022.3.13471

М.А. Андрейчин, М.І. Шкільна, М.Т. Гук

ПРОФІЛАКТИКА КЛІЩОВИХ ІНФЕКЦІЙ: СУЧАСНИЙ СТАН І ПЕРСПЕКТИВА

Тернопільський національний медичний університет імені І.Я. Горбачевського



Наведено сучасні дані про основні види кліщів, які є резервуаром і вектором передачі збудників Лайм-бореліозу, поворотних кліщових гарячок, гранулоцитарного анаплазмозу людини, ерліхіозу, бабезіозу та інших інфекцій. Вказано на значення геоінформаційної системи та санітарно-просвітної роботи в організації відповідних профілактичних і лікувально-діагностичних заходів. Складено розширений список груп ризику зараження, заходів первинної профілактики, в тому числі використання сучасних репелентів.

Подано основні та альтернативні схеми екстреної антибіотикопрофілактики Лайм-бореліозу та алгоритм дій лікаря з метою обґрунтування доцільності постконтактної профілактики з використанням рекомендацій CDC (2022 р.). Обговорено досягнення в специфічній профілактиці вірусного кліщового енцефаліту і перспективу створення нового покоління вакцин від Лайм-бореліозу та інших кліщових інфекцій. Окремо висвітлено сучасні можливості зменшення популяції кліщів в ендемічній зоні за допомогою акарицидів і профілактику кліщових інфекцій в диких і свіських тварин на підставі концепції «єдиного здоров'я».

Обговорено перспективу створення резервуар-орієнтованих вакцин для введення гризунам (як основному резервуару інфекції), що допоможе знизити передачу патогенів кліщами, та виведення *Borrelia*-рефрактерних кліщів з модифікованим геномом. Автори статті відстоюють принцип комплексного підходу у вирішенні актуальних питань профілактики кліщових інфекцій.

Ключові слова: кліщові інфекції, Лайм-бореліоз, вірусний кліщовий енцефаліт, антибіотикопрофілактика, репеленти, вакцини, імуноглобуліни.

Кліщові інфекції займають особливе місце в етіологічній структурі та епідеміологічній класифікації інфекційних хвороб. Вони належать до типових природно-осередкових інфекцій, актуальність яких поступово збільшується через загальновідомі негативні природні та соціальні процеси і явища.

Кліщі здатні інфікувати людину багатьма видами патогенних мікроорганізмів. Вони є резервуаром і основним вектором передачі збудників Лайм-бореліозу (*B. burgdorferi* s. l.), кліщових поворотних гарячок (*B. miyamotoi*, *B. hispanica*, *B. persica*), гранулоцитарного анаплазмозу людини (*A. phagocytophilum*), бабезіозу (*B. microti*, *B. divergens*, *B. rodhaini*), ерліхіозу (*E. chaffeensis*, *E. ewingii*, *E. muris*), плямистої гарячки Скелястих гір (*R. rickettsii*), марсельської гарячки (*R. conorii*), ендемічного поворотного тифу (*B. duttoni*, *B. hermsii*, *B. parkerii*, *B. turicatae*), гарячки цуцугамуші (*O. tsutsugamusi*), вірусного кліщового енцефаліту (*I. ricinus*, *I. persulcatus*, *I. cookei*), Крим-Конго геморагічної гарячки (*Nairovirus*), Къясанурської лісової хвороби (*Kyasanur forest disease virus*). Вони можуть бути додатковим вектором передачі збудників бартонельозу (*B. henselae*), Ку-гарячки (*C. burnetii*), туляремії (*F. tularensis*), Омської геморагічної гарячки (*Omsk hemorrhagic fever virus*), чуми (*Y. pestis*). Ареал кліщових інфекцій поступово збільшується. Збудників уже виявляють у понад 80 країнах, і до 2050 р. вони можуть вразити 35,0 % населення світу [1].

Ризик інфікування людей кліщовими інфекціями залежить від трьох основних факторів: щільності популяції кліщів у довкіллі, частоти їх зараження і поведінкових особливостей людини. Ареали кліщових інфекцій продовжують розширюватись і навіть зміщатися через постійні зміни людської діяльності; модифікацію середовищ їх існування, збільшення популяції людини, хребетних хазяїв (теплокровних тварин) і кліщів, зміни мікро- та макроклімату [2].

У поширенні Лайм-бореліозу найважливіше значення мають такі види кліщів: *Ixodes scapularis* – у США, Канаді, *I. ricinus* – в Європі та *I. persulcatus* – в Азії [3]. Зараженість кліщів *B. burgdorferi s. l.* у країнах Європи становить від 6,8 (Нідерланди) до 40,8 % (Угорщина), у регіонах Північної Америки від 17,0 (Канада) до 50,0 % (США). *A. phagocytophilum* виявлена у кліщах європейського континенту з частотою від 1,0 (Австрія) до 14,5 % (Польща), у США – 5,2 % [4]. Переносниками ендемічного поворотного тифу є кліщі роду *Ornithodoros*, гранулоцитарного анаплазмозу людини – *I. ricinus*, *I. scapularis*, *I. pacificus*, бабезіозу – *I. scapularis* та аргасові кліщі тощо [5].

Важливо зазначити, що навіть у межах однієї адміністративної області частота інфікування кліщів, зокрема бореліями, може суттєво відрізнятись. Так, у лісових біотопах трьох погодно-географічних зон Тернопільської області наявні різні умови та складові для стійкого функціонування паразитарних систем природних осередків кліщових інфекцій. Загалом у лісових біотопах домінує *I. ricinus*, рідше можна виявити *D. reticulatus*. Індекси рясності кліщів у зонах Поділля вищі, ніж у малому Поліссі. Встановлено, що у лісових біотопах Тернопільської області кліщі заражені *B. burgdorferi s. l.* – 30,0 %, *A. phagocytophilum* – 15,0 %, *Babesia sp.* – 8,0 %, *B. miyamotoi* – 3,0 % [6]. Також 36,0 % кліщів *I. ricinus*, відібраних від людей, інфіковані такими збудниками кліщових інфекцій: *B. burgdorferi s. l.* – 19,2 % особин, *A. phagocytophilum* – 14,7 %, *B. miyamotoi* – 1,7 %, *Babesia spp.* – 0,3 %, зокрема, 3,8 % – декількома одночасно, що підтверджує можливість виникнення в населення відповідних моно- і мікст-інфекцій [7-9].

Борелія складає гетерогенну популяцію мікроорганізмів – понад 30 різних видів, що передаються кліщами. Їх здатність інфікувати людей та спричиняти захворювання активно вивчається. Так, у хворих на Лайм-бореліоз в Тернопільській області нами вперше верифіковано специфічні антитіла класів IgM і/чи IgG до *B. burgdorferi s. s.*, *B. afzelii* та *B. garinii* та *B. spielmanii* [10]. Методом імуноблотингу виявлено антитіла класів IgM і/чи IgG до двох раніше невідомих видів збудників кліщових поворотних гарячок (*B. hermsii* та *B. miyamotoi*) у 34,2 % із 114 обстежених лісівників, в яких попередньо

в ELISA було знайдено антитіла IgM і/чи IgG до *B. burgdorferi s. l.* [11]. Верифікація антитіл до нових генотипів борелій в Тернопільській області диктує необхідність поглиблених досліджень їх епідеміологічного та клінічного значення і проведення відповідних профілактичних заходів.

Актуальним стає застосування геоінформаційної системи (ГІС) у профілактичній та лікувальній роботі з населенням. За допомогою ГІС можна скласти мапу розповсюдження кліщів, заражених різними видами інфекційних збудників на певних територіях, а також інформацію про атакованих кліщами осіб і випадки захворювань. Медична ГІС може використовуватися у прогнозуванні епідемічної небезпеки у населених пунктах і окремих регіонах. Європейський центр профілактики і контролю захворювань та CDC опублікували мапи поширення інфікованих кліщів в Європі та США. Відповідно науковцями Тернопільського національного медичного університету ім. І.Я. Горбачевського створено ГІС, яка дає можливість он-лайн бачити поширення кліщів, зумовлених ними інфекцій та пацієнтів, у яких ці інфекції виявлені, в м. Тернополі, Тернопільській, Житомирській, Хмельницькій, Закарпатській та інших областях України (мал. 1). Операційні можливості ГІС дозволяють узагальнювати результати у вигляді таблиць, графіків і діаграм, здійснювати пошуки розташування кліщів і пацієнтів за ідентифікаційним номером і т. п. [12].



Мал. 1. Мапа біотопів поширення кліщів у м. Тернопіль.

Важливо здійснювати санітарно-просвітну роботу серед населення щодо профілактики кліщових інфекцій, насамперед серед груп ризику. До останніх належать лісівники, мисливці, грибники, збирачі ягід, садівники, працівники парково-рекреаційних зон, пастухи та інші тваринники, працівники рибного господарства, дачники, геологи, археологи, військові (в польових умовах), туристи. Лісівники належать до професійних груп населення з високим ризиком зараження бореліями [13, 14]. При анкетуванні лісівників науковцям ТНМУ ім. І.Я. Горбачевського встановлено, що 50,2 % осіб оцінювали свої знання як недостатні, 24,9 % стверджували, що вони

мінімальні, й лише 8,4 % працівників лісової галузі вважали свої знання достатніми [15].

Щоб запобігти укусам кліщів, необхідно дотримуватися заходів первинної профілактики [16]. Перед виходом в лісо-паркові зони і присадибні ділянки необхідно обробити одяг і спорядження засобами, що містять 0,5 % перметрину та використати репелент. Варто уникати лісистих і чагарникових ділянок з високою травою та листям, йти посередині стежки.

Після повернення додому важливо перевірити свій одяг на наявність кліщів; оглянути спорядження та домашніх тварин (кліщі можуть проникнути в будинок на одязі та домашніх тваринах, а потім прикріпитися до людини пізніше); прийняти душ відразу після приходу. Доведено, що прийняття душу протягом найближчих двох годин знижує ризик інфікування. Душ може допомогти змити неприкріплених кліщів. Слід уважно перевірити своє тіло на наявність кліщів.

Зазвичай найчастішими місцями укусів кліщів є ділянки з м'якою тонкою шкірою, наприклад підколінні ямки, внутрішні поверхні стегон, навколо пупка, пахвинні ділянки, позаду та навколо вух, голова. У дітей присмоктування частіше відбувається у ділянці голови, у дорослих – на нижніх кінцівках.

Важливо видалити кліща якомога швидше, оскільки борелії знаходяться в його кишечнику і необхідний певний час для інфікування людини від моменту його укусу. Бажано звернутися за допомогою до медичного працівника. Варто дотримуватися таких рекомендацій:

1. Використати тік-твістер або пінцет із тонкими кінчиками, щоб захопити кліща якомога ближче до верхньої шкіри.

2. Потягти кліща вгору. Не крутити ним і не смикати. Якщо залишилися рештки, то видалити їх пінцетом.

3. Ретельно очистити місце укусу та свої руки спиртом або водою з милом.

4. Ніколи не роздавлювати кліща пальцями.

Не можна вдаватися до таких «народних» засобів, як покриття кліща лаком для нігтів або олією чи припікання голкою, щоб змусити його відірватися від шкіри [17].

Перед відвідуванням лісу чи інших місць, населених кліщами, слід обробити репелентами одяг і відкриті ділянки шкіри. Репеленти (лат. *repellentia*, *repellere* – відганяти, відштовхувати) – речовини, що відлякують членистоногих (комах, кліщів) [18]. Їх використовують для захисту людей і тварин від нападів членистоногих з метою профілактики трансмісивних хвороб (Лайм-бореліозу, гранулоцитарного анаплазмозу, кліщового енцефаліту, лейшманіозу, малярії, москітної гарячки тощо). До репелентів зазвичай належать синтетичні сполуки різної хімічної будови з відлякувальною дією

різної тривалості. За механізмом дії розрізняють такі репеленти: ольфакторні, або фумігати (леткі речовини, діють на відстані на нервові закінчення органів нюху членистоногих), контактні (діють при контакті членистоногих з обробленою поверхнею), дезодоруючі, або маскуючі (нейтралізують чи знищують запахи, що приваблюють членистоногих) [19].

Фармацевтична промисловість світу випускає десятки різних репелентів. Агенство з охорони навколишнього середовища (ЕРА, США) рекомендує такі: діетилтолуамід, пікаридин, бутилацетиламінопропіонат, олія лимонного евкаліпта, параментандіол, 2-ундеканон [20]. Їх використовують у вигляді розчинів, водних емульсій та аерозолів, якими обробляють одяг, захисні сітки, палатки з розрахунку 20–30 г препарату на 1 м² тканини. Одноразове нанесення репеленту на шкіру забезпечує захист від нападів кровосисних членистоногих протягом 2–5 год; одяг, просочений ним, без прання зберігає захисні властивості 2–3 тиж, оброблений з аерозольного балона –1–2 доби.

Слід дотримуватися таких правил застосування репелентів:

1. Наносити дуже тонким шаром на відкриті ділянки шкіри, але не під одяг.

2. Перед нанесенням на обличчя невелику кількість репеленту розподілити між долонями.

3. Після нанесення ретельно вимити руки з милом, щоб запобігти потраплянню залишків речовини в очі, рот, на слизові оболонки.

4. Не наносити на ушкоджену шкіру (опіки, рани).

5. Не допускати потрапляння на слизові оболонки очей, губ, носа.

6. Не наносити репеленти в аерозолях і спреях у закритих приміщеннях або біля продуктів харчування.

7. Не наносити на руки маленьким дітям (смокчуть пальці, труть очі).

8. Повторно використовувати згідно з рекомендаціями виробника.

9. Не комбінувати репелент із сонцезахисними кремами.

Беручи до уваги реалії теперішньої російсько-української війни, особливої уваги потребує захист від іксодових кліщів військовиків при перебуванні в польових умовах. Первинна профілактика передбачає таке:

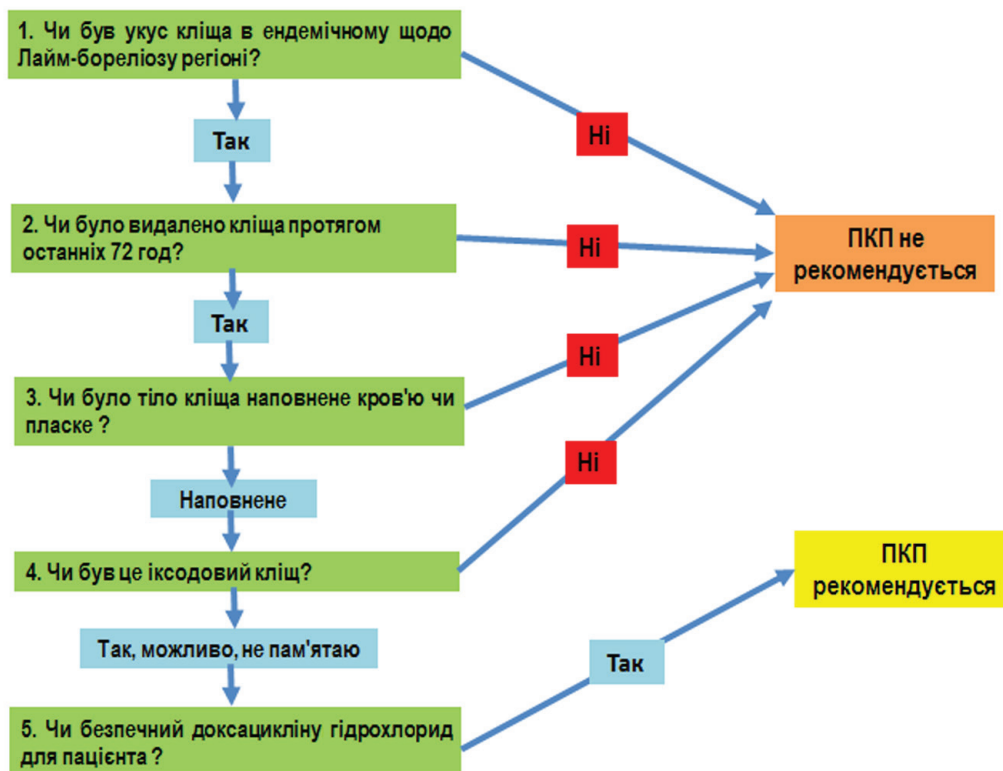
- проведення само- і взаємоогляду (бажано кожні 2 год);
- використання одягу, який запобігає проникненню кліщів;
- носіння обмундирування, імпрегнованого репелентами;
- перебування (за можливості) у хвойному лісі без трав, а не в широколистяному;

- очистка території розташування від рослинності та хмизу;
- обробка місцевості інсектицидами;
- дератизаційні заходи.

Натепер розроблено рекомендації для екстреної антибіотикопрофілактики Лайм-бореліозу (CDC). Доказова схема постконтактної профілактики (ПКП) включає доксицикліну гідрохлорид перорально (0,2 г для дорослих і 4,4 мг/кг маси тіла для дітей, старших 8 років) одноразово [21]. Призначаючи ПКП необхідно чітко дотримуватися показань: 1) укусу відбувся в місцевості з інфікованістю кліщів *B. burgdorferi* s. l. 20,0 % і більше;

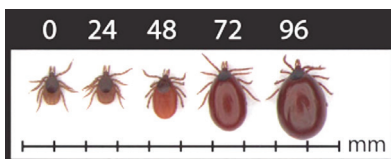
2) кліщ належить до родини Ixodidae; 3) тривалість прикріплення кліща становить ≥ 36 год; 4) ПКП розпочинають не пізніше 72 год від моменту видалення кліща; 5) хворий не має протипоказань до вживання доксицикліну гідрохлориду (препарат протипоказаний вагітним, матерям, які годують груддю, дітям віком до 8 років і при алергії).

Відповідно до цього запропоновано алгоритм дій лікаря при призначенні ПКП Лайм-бореліозу [22]. Ним передбачено п'ять послідовних запитань, на які повинен дати відповідь пацієнт (мал. 2).



Мал. 2. Алгоритм дій лікаря з метою визначення доцільності ПКП Лайм-бореліозу в пацієнта (CDC, 2022 р.).

Для підвищення інформативності відповіді на запитання № 3 варто використати шкалу наповнення вилученого кліща *I. ricinus* (мал. 3). На ній зображено, як наповнюється кліщ кров'ю відповідно до тривалості присмокування.



Мал. 3. Шкала наповнення кліщів кров'ю.

У разі виявлення протипоказань до застосування доксицикліну гідрохлориду вдаються до альтернативних схем ПКП Лайм-бореліозу:

1. Азитроміцин (сумамед), 1,0 г перорально одноразово в 1-й день і по 0,5 г 1 раз на добу в наступні 4 дні.
2. Пролонговані пеніциліни біцилін-3 або ретарпен (екстенцилін), у дозі 2,4 млн ОД внутрішньом'язово одноразово після внутрішньошкірної проби на індивідуальну переносність.
3. Амоксицилін з клавулановою кислотою (амоксиклав) по 0,375 г 3 рази на добу протягом 5 днів.

Немає сумніву, що безпечна та ефективна вакцина від Лайм-бореліозу дасть змогу значно знизити захворюваність на цю недугу в найближчі 5-10 років. Значення такої вакцини для охорони здоров'я було розглянуто в численних публікаціях, і залишається найбільш переконливим доказовим підходом для запобігання зараженню спірохетами [23, 24]. Але вакцина наразі недоступна. Єдина вакцина, яку раніше продавали в Сполучених Штатах, LYMERix®, не виготовляється з 2002 р. через недостатній споживчий попит [25].

Триває розробка нових вакцин проти Лайм-бореліозу. Фірми Valneva і Pfizer розробили вакцину-кандидатку VLA15, яка проходить третю фазу випробувань на людях [26]. Це полівалентна білкова субодична вакцина, яка націлена на білок A зовнішньої поверхні (OspA) борелій. Вона призначена для захисту людей від північноамериканських і європейських штамів.

Оскільки людину вважають кінцевим хазяєм для збудника Лайм-бореліозу, важливо знати, що ця вакцина не вплине на поширення *B. burgdorferi* s. l. серед кліщів і тварин. Ризик зараження невакцинованих осіб залишиться незмінним. У ширшому контексті вакцина проти Лайм-бореліозу для людей не матиме впливу на частоту укусів кліщами або на частоту інфікування іншими бактерійними, вірусними або паразитарними збудниками кліщових інфекцій. Важливо врахувати, якою мірою нова вакцина проти Лайм-бореліозу вплине на використання засобів індивідуального захисту (первинна профілактика), що запобігають укусам кліщів. Тому разом із використанням нових вакцин санітарно-просвітна робота не повинна зупинятись, а заходи щодо запобігання укусам кліщів необхідно використовувати в повному об'ємі.

У специфічній профілактиці кліщових інфекцій помітного успіху досягнуто щодо подолання вірусного кліщового енцефаліту (КВЕ). В Україні щеплення проти КВЕ, згідно з наказом МОЗ України від 16.09.2011 р. № 595, здійснюються за епідемічними показаннями. Вакцинації підлягають неімунні контингенти та особи, які будуть перебувати в епідемічному осередку цієї інфекції. Рекомендується розпочинати у вересні–листопаді. Повний курс складається з 3-х щеплень. Друге щеплення робиться у березні–квітні, третє – через рік після другого. Подальші ревакцинації проводяться один раз в 3 роки. Екстрена профілактика після укусу кліща проводиться в коротші терміни, ніж стандартний курс вакцинації: друга вакцина вводиться через 2 тиж після першої, а третя – через 5–12 міс. після другої.

Для екстреної профілактики КВЕ використовують людський імуноглобулін. Вводять нещепленим особам, які зазнали укусу кліща на ендемічній території. Якщо результат дослідження кліща на вірус КВЕ негативний,

а укусу стався на ендемічній території, імуноглобулін однаково вводиться. Вакцинованим особам препарат вводять у випадку множинного присмокування кліщів. Імуноглобулін слід вводити якнайшвидше – максимальний ефект впродовж перших 3 діб після присмокування кліща. Імуноглобулін рекомендують вводити безпосередньо перед виїздом (походом) в ендемічний регіон. Це дає майже 100 % захист від КВЕ на 1 міс.

Практично нереально підтримувати щоденну пильність у дотриманні індивідуального захисту від укусів кліщів на ендемічних територіях. Тому рекомендовано низку заходів, що сприяють зменшенню чисельності кліщів у зовнішньому середовищі:

1. Систематично обприскувати акарицидами парки, газони, присадибні ділянки тощо.
2. Регулярно косити газони, очищувати подвір'я від опалого листя.
3. Створити бар'єр з деревної тирси або гравію між газонами і лісовими масивами, щоб обмежити проникнення кліщів у зони відпочинку людей.
4. Ігрове обладнання, дитячі майданчики розташовувати в центрі двору, подалі від дерев, кущів і високої трави.
5. Огороджувати присадибні ділянки, щоб не дати змоги забігти диким тваринам і безпритульним собакам.
6. За потреби проводити дератизаційні заходи.

Оскільки укусам кліщів піддаються не лише люди, а й тварини, профілактику кліщових інфекцій необхідно розглядати в контексті «єдиного здоров'я». Заходи профілактики поширення кліщових інфекцій серед тварин включають щоденні огляди домашніх тварин після прогулянки, їх вакцинацію, використання репелентів, лікування хворих особин. Контроль популяції диких тварин є важливим фактором у зменшенні ареалів кліщів.

Сучасна тенденція кліщових інфекцій до поширення спонукає необхідність вивчати і розробляти нові методи боротьби з членистоногими. Одним із них є біологічний контроль популяції кліщів у природі [27]. Він реалізується через природних антагоністів кліщів, а саме птахів, комах, мікроскопічних грибів, гельмінтів тощо. Наукові дослідження в цьому напрямку перебувають на початковому етапі.

Впровадження нових видів вакцин у майбутньому потенційно знизить захворюваність людей на кліщові інфекції. Сьогодні вже розробляють обнадійливі анти-Vorrelia вакцини. Також науковці працюють над створенням резервуар-орієнтованих вакцин, які будуть вводити гризунам (як основному резервуару інфекції), що допоможе знизити передачу патогенів кліщами [28]. Новим і перспективним також є створення Vorrelia-рефрактерних кліщів з модифікованим геномом, однак у цьому напрямку потрібні ґрунтовні дослідження.

У підсумку необхідно зазначити, що захворюваність на кліщові інфекції, насамперед на Лайм-бореліоз, у світі та Україні зростає. У сироватці крові лісівників на Тернопільщині, крім антитіл до давно відомих видів борелій, нами знайдено антитіла ще до трьох видів збудників, що диктує доцільність відповідних досліджень їх епідеміологічного та клінічного значення. Для подолання проблеми кліщових інфекцій у людей запропоновано індивідуальний захист від укусів кліщів, вакцинацію, ПКП, контроль за тваринами, які є резервуаром збудників у природі, а також обмеження поширення кліщів у довкіллі. На сьогодні створено немало акарицидних препаратів, які дають змогу зменшити чисельність кліщів у довіллі, але раціональне використання їх у конкретних польових умовах вимагає додаткових наукових і практичних зусиль. Особливого профілактичного захисту потребують групи ризику, зокрема професійні (наприклад лісівники).

Запобігання укусам кліщів і виникненню захворювань допомагає відповідна санітарно-освітня робота серед населення. Наш досвід створення ГС в семи областях України варто поширити на решту території держави, що суттєво підвищить поінформованість населення і медичних працівників про ризики зараження і необхідність відповідних протиепідемічних заходів у конкретній ендемічній ситуації, а також покращить ранню діагностику Лайм-бореліозу та інших кліщових інфекцій. Варто запровадити алгоритм дій лікаря при призначенні ПКП Лайм-бореліозу (CDC, 2022 р.) і шкалу наповнення кліщів кров'ю, що дасть змогу поліпшити відбір пацієнтів.

Використання нових вакцин проти Лайм-бореліозу, які перебувають на стадії розробки та апробації, повинно знизити захворюваність на цю інфекцію, проте не вплине на кількість випадків інших захворювань, що передаються кліщами, таких як анаплазмоз, бабезіоз, ерліхіоз. Лише комплексний підхід до вирішення цієї складної проблеми може дати бажані результати.

Література

- Davidsson, M. (2018). The Financial Implications of a Well-Hidden and Ignored Chronic Lyme Disease Pandemic. *Healthcare*, 6 (1), 16. <https://doi.org/10.3390/healthcare6010016>.
- Wikel, S. (2018). Ticks and Tick-Borne Infections: Complex Ecology, Agents, and Host Interactions. *Veterinary Sciences*, 5 (2), 60. <https://doi.org/10.3390/vetsci5020060>
- Trevisan, G., Cinco, M., Trevisini, S., di Meo, N., Chersi, K., Ruscio, M., Forgiione, P., & Bonin, S. (2021). Borreliae Part 1: Borrelia Lyme Group and Echidna-Reptile Group. *Biology*, 10(10), 1036. <https://doi.org/10.3390/biology10101036>
- Rizzoli, A., Silaghi, C., Obiegala, A., Rudolf, I., Hubálek, Z., Földvári, G., Plantard, O., Vayssier-Taussat, M., Bonnet, S., ÁpitálskĀj, E., & KazimĀrovĀj, M. (2014). Ixodes ricinus and Its Transmitted Pathogens in Urban and Peri-Urban Areas in Europe: New Hazards and Relevance for Public Health. *Frontiers in Public Health*, 2. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2014.00251>
- de la Fuente, J., Antunes, S., Bonnet, S., Cabezas-Cruz, A., Domingos, A. G., Estrada-Peña, A., Johnson, N., Kocan, K. M., Mansfield, K. L., Nijhof, A. M., Papa, A., Rudenko, N., Villar, M., Alberdi, P., Torina, A., Ayllón, N., Vancova, M., Golovchenko, M., Grubhoffer, L., ... Rego, R. O. M. (2017). Tick-Pathogen Interactions and Vector Competence: Identification of Molecular Drivers for Tick-Borne Diseases. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, 7. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2017.00114>
- Panychev, V. O., Andreychyn, M. A., Kravchuk, Yu. A., Dautov, A. H., & Dubrovskaya, A. M. (2021). Infestation of ticks in forest biotopes of Ternopil region. *Infektsiyni khvoroby – Infectious Diseases*, (2), 44–52. <https://doi.org/10.11603/1681-2727.2021.2.12164> [in Ukrainian].
- Weiner, M., Żukiewicz-Sobczak, W., Tokarska-Rodak, M., Plewik, D., Pańczuk, A., Siłuch, M., Zagórski, J., Sobczak, P., Chmielewski, T., Tylewska-Wierzbanowska, S., Shkilna, M., Korda, M., Klishch, I., Andreychyn, M., & Pavliuk, M. (2018). Prevalence of *Borrelia burgdorferi* sensu lato in ticks from the Ternopil region in Ukraine. *Journal of Veterinary Research*, 62(3), 275–280. <https://doi.org/10.2478/jvetres-2018-0039>
- Shkilna M. I., Andreychyn M. A., Podobivskyi S. S. et al. (2020). Infection of ticks collected from humans in Ukraine, by causative agents of some bacteriosis. *Bukovynskyi medychny visnyk – Bukovynian Medical Herald*, 1 (93). P. 195–201 [in Ukrainian].
- Kovryha, N., Tsyhankova, A., Zelenuchina, O., Mashchak, O., Terekhov, R., & Rogovskyy, A. S. (2021). Prevalence of *Borrelia burgdorferi* and *Anaplasma phagocytophilum* in Ixodid Ticks from Southeastern Ukraine. *Vector-Borne and Zoonotic Diseases*, 21 (4), 242–246. <https://doi.org/10.1089/vbz.2020.2716>
- Shkilna, M. I. (2019). Etiological structure of acute Lyme Borreliosis by types of pathogen. *Infektsiyni khvoroby – Infectious Diseases*, (1), 43–49. <https://doi.org/10.11603/1681-2727.2019.1.9942> [in Ukrainian].
- Shkilna, M. I., Shah, J. S., Andreychyn, M. A., Cruz, I. D., Ivakhiv, O. L., Korda, M. M., Klishch, I. M., & Zaporozhan, S. Y. (2020). Lyme Borreliosis and tick-borne relapsing fever in foresters of Ternopil region. *Infektsiyni khvoroby – Infectious Diseases*, (2), 22–30. <https://doi.org/10.11603/1681-2727.2020.2.11283> [in Ukrainian].
- Podobivsky, S. S., Fedoniuk, L. Y., Korda, M. M., Klishch, I. M., Andreychyn, M. A., Shkilna, M. I., Podobivsky, V. S., & Nykytiuk, S. O. (2019). Implementation of the medical geoinformation system in research of Ixodes ricinus and mite's infections in Ukraine. *Infektsiyni khvoroby – Infectious Diseases*, (3), 38–45. <https://doi.org/10.11603/1681-2727.2019.3.10634> [in Ukrainian].
- Jovanovic, D., Atanasievskaya, S., Protic-Djokic, V., Rakic, U., Lukac-Radoncic, E., & Ristanovic, E. (2015). Seroprevalence of *Borrelia burgdorferi* in occupationally exposed persons in the Belgrade area, Serbia. *Brazilian Journal of Microbiology*, 46 (3), 807–814. <https://doi.org/10.1590/s1517-838246320140698>
- Jahfari, S., Herremans, T., Platonov, A. E., Kuiper, H., Karan, L. S., Vasilieva, O., Koopmans, M. P. G., Hovius, J. W. R.,

& Sprong, H. (2014). High seroprevalence of *Borrelia miyamotoi* antibodies in forestry workers and individuals suspected of human granulocytic anaplasmosis in the Netherlands. *New Microbes and New Infections*, 2 (5), 144–149. <https://doi.org/10.1002/nmi2.59>

15. Andreychyn, M. A., Korda, M. M., Shkilna, M. I., Ivakhiv, O. L., Andreychyn, S. M., Bilkevych, N. A. & Yuskevych, V. V. (2021). *Lyme Borreliosis*. Ternopil: TNMU; 2021 [in Ukrainian].

16. Preventing tick bites. (2020, July 1). Centers for Disease Control and Prevention. https://www.cdc.gov/ticks/avoid/on_people.html

17. Tick removal CDC. (2022, May 13). Centers for Disease Control and Prevention. https://www.cdc.gov/ticks/removing_a_tick.html

18. Debboun, M., Frances, S. P., & Strickman, D. A. (2014). *Insect Repellents Handbook*. Taylor & Francis Group.

19. Aenishaenslin, C., Michel, P., Ravel, A., Gern, L., Milord, F., Waaub, J.-P., & Bélanger, D. (2015). Factors associated with preventive behaviors regarding Lyme disease in Canada and Switzerland: a comparative study. *BMC Public Health*, 15(1). <https://doi.org/10.1186/s12889-015-1539-2>

20. Repellents: Protection against mosquitoes, ticks and other arthropods. (2022, August 24). US EPA. <https://www.epa.gov/insect-repellents>

21. Harms, M. G., Hofhuis, A., Sprong, H., Bennema, S. C., Ferreira, J. A., Fonville, M., Docters van Leeuwen, A., Assendelft, W. J. J., Van Weert, H. C. P. M., Van Pelt, W., & Van den Wijngaard, C. C. (2020). A single dose of doxycycline after an ixodes ricinus tick bite to prevent Lyme borreliosis: An open-label randomized controlled trial. *Journal of Infection*. <https://doi.org/10.1016/j.jinf.2020.06.032>

22. Lyme Disease Prophylaxis After Tick Bite (2022) https://www.cdc.gov/lyme/resources/pdfs/lyme-pep-aid_digital-508.pdf

23. Plotkin, S. A. (2016). Need for a New Lyme Disease Vaccine. *New England Journal of Medicine*, 375(10), 911–913. <https://doi.org/10.1056/nejmp1607146>

24. Gomes-Solecki, M., Arnaboldi, P. M., Backenson, P. B., Benach, J. L., Cooper, C. L., Dattwyler, R. J., Diuk-Wasser, M., Fikrig, E., Hovius, J. W., Laegreid, W., Lundberg, U., Marconi, R. T., Marques, A. R., Molloy, P., Narasimhan, S., Pal, U., Pedra, J. H. F., Plotkin, S., Rock, D. L., ... Schutzer, S. E. (2019). Protective Immunity and New Vaccines for Lyme Disease. *Clinical Infectious Diseases*, 70 (8), 1768–1773. <https://doi.org/10.1093/cid/ciz872>

25. Eisen L. (2021). Control of ixodid ticks and prevention of tick-borne diseases in the United States: The prospect of a new Lyme disease vaccine and the continuing problem with tick exposure on residential properties. *Ticks and Tick-borne Diseases*, 12 (3), 101649. <https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2021.101649>

26. Nayak, A., Schüler, W., Seidel, S., Gomez, I., Meinke, A., Comstedt, P., & Lundberg, U. (2020). Broadly Protective Multivalent OspA Vaccine against Lyme Borreliosis, Developed Based on Surface Shaping of the C-Terminal Fragment. *Infection and Immunity*, 88(4). <https://doi.org/10.1128/iai.00917-19>

27. Hunfeld, K., & Gray, J. (2022). *Lyme Borreliosis*. Springer.

28. Kern, A., Zhou, C. W., Jia, F., Xu, Q., & Hu, L. T. (2016). Live-vaccinia virus encapsulation in pH-sensitive polymer increases safety of a reservoir-targeted Lyme disease vaccine by targeting gastrointestinal release. *Vaccine*, 34 (38), 4507–4513. <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2016.07.059>

PREVENTION OF TICK-BORNE INFECTIONS: CURRENT STATE AND PROSPECTS

M.A. Andreychyn, M.I. Shkilna, M.T. Huk

I. Horbachevsky Ternopil National Medical University

SUMMARY. Modern data on the main species of ticks that serve as a reservoir and vector of transmission of Lyme borreliosis, tick-borne relapsing fever, human granulocytic anaplasmosis, ehrlichiosis, babesiosis and other infections are presented. The importance of the geographic information system and sanitary-educational work in the organization of appropriate preventive, therapeutic and diagnostic measures is indicated. The extended list of risk groups of infection, primary prevention measures, including the use of modern repellents was compiled.

The basic and alternative schemes of emergency antibiotic prophylaxis of Lyme borreliosis and the algorithm of physician's actions to justify the feasibility of post-exposure prophylaxis using CDC recommendations (2022)

are presented. The achievements in the specific prevention of tick-borne encephalitis and the prospect of creating a new generation of vaccines against Lyme borreliosis and other tick-borne infections were discussed. The modern possibilities of reducing the tick population in the endemic zone with the help of acaricides and the prevention of tick-borne infections in wild and domestic animals based on the concept of «one health» are highlighted separately.

The prospect of creating reservoir-targeted vaccines for administration to rodents (as the main reservoir of infection), which will help to reduce the transmission of pathogens by ticks, and the development of *Borrelia*-refractory ticks with a modified genome are discussed. The authors of the article advocate the principle of an integrated approach to solving topical issues of tick-borne infections prevention.

Key words: tick-borne infections; Lyme borreliosis; tick-borne encephalitis; antibiotic prophylaxis; repellents; vaccines; immunoglobulins.

Відомості про авторів:

Андрейчин Михайло Антонович – академік НАМНУ, д. мед. н., завідувач кафедри інфекційних хвороб з епідеміологією, шкірними і венеричними хворобами Тернопільського національного медичного університету ім. І.Я. Горбачевського; e-mail: andreychyn@tdmu.edu.ua

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-0154-730X>

Шкільна Марія Іванівна – д. мед. н., професорка кафедри інфекційних хвороб з епідеміологією, шкірними та венеричними хворобами, Тернопільський національний медичний університет ім. І. Я. Горбачевського, Україна; e-mail: shkilnami@tdmu.edu.ua

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-2689-6349>

Гук Мар'яна Тарасівна – доктор філософії, асистентка кафедри інфекційних хвороб з епідеміологією, шкірними та венеричними хворобами, Тернопільський національний медичний університет ім. І. Я. Горбачевського, Україна; e-mail: huk@tdmu.edu.ua

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-3323-6987>

Information about the authors:

Andreychyn M. A. – MD, Professor, Academician of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine, the Head of the Department of Infectious Diseases and Epidemiology, Skin and Venereal Illnesses, I. Horbachevsky Ternopil National Medical University, Ternopil, Ukraine; e-mail: andreychyn@tdmu.edu.ua

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-0154-730X>

Shkilna M. – MD, Professor of the Department of Infectious Diseases and Epidemiology, Skin and Venereal Illnesses, I. Horbachevsky Ternopil National Medical University, Ternopil, Ukraine; e-mail: shkilnami@tdmu.edu.ua

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-2689-6349>

Huk M. – PhD, Assistant Professor of the Department of Infectious Diseases and Epidemiology, Skin and Venereal Illnesses, I. Horbachevsky Ternopil National Medical University, Ternopil, Ukraine; e-mail: huk@tdmu.edu.ua

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-3323-6987>

Конфлікт інтересів: немає.

Authors have no conflict of interest to declare.

Отримано 22.08.2022 р.