

SCI

CELL

ODBORNÝ MAGAZÍN
WWW.SCICELL.ORG

2026

ISSN 2585-9137
Vydavateľstvo SciCell





Dve tváre kliešťa: vektor patogénov a zdroj bioaktívnych molekúl

Publikované 6. mája 2026

Terézia Hatinová, Lukáš Hleba

Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Fakulta biotechnológie a potravinárstva, Ústav Biotechnológie, Tr. Andreja hlinku 2, 949 76 Nitra.

Abstrakt

Kliešte (Ixodida) predstavujú významnú skupinu hematofágnych ektoparazitov, ktoré zohrávajú kľúčovú úlohu v prenose zoonotických patogénov. V posledných desaťročiach sa však ich význam rozšíril aj do oblasti molekulárnej biológie a farmakológie. Tento článok sumarizuje súčasné poznatky o biologických adaptáciách kliešťov na hematofágiu, mechanizmoch interakcie s hostiteľským imunitným systémom, dynamike prenosu patogénov a potenciálnom využití kliešťových slinných molekúl v medicíne. Zvláštny dôraz je kladený na imunomodulačné a antikoagulačné vlastnosti slín a ich význam pre patogenézu aj terapeutický výskum.

Úvod

Kliešte patria medzi evolučne najúspešnejšie skupiny parazitických článkonožcov. Ich schopnosť adaptovať sa na hematofágny spôsob života a zároveň efektívne prenášať patogény z nich robí významný faktor ovplyvňujúci verejné zdravie.

Historicky bol výskum kliešťov orientovaný najmä na ich úlohu v epidemiológii infekčných ochorení. V súčasnosti sa však pozornosť presúva aj na ich molekulárne a fyziologické mechanizmy, ktoré umožňujú dlhodobé parazitovanie na hostiteľovi bez vyvolania adekvátnej imunitnej odpovede.

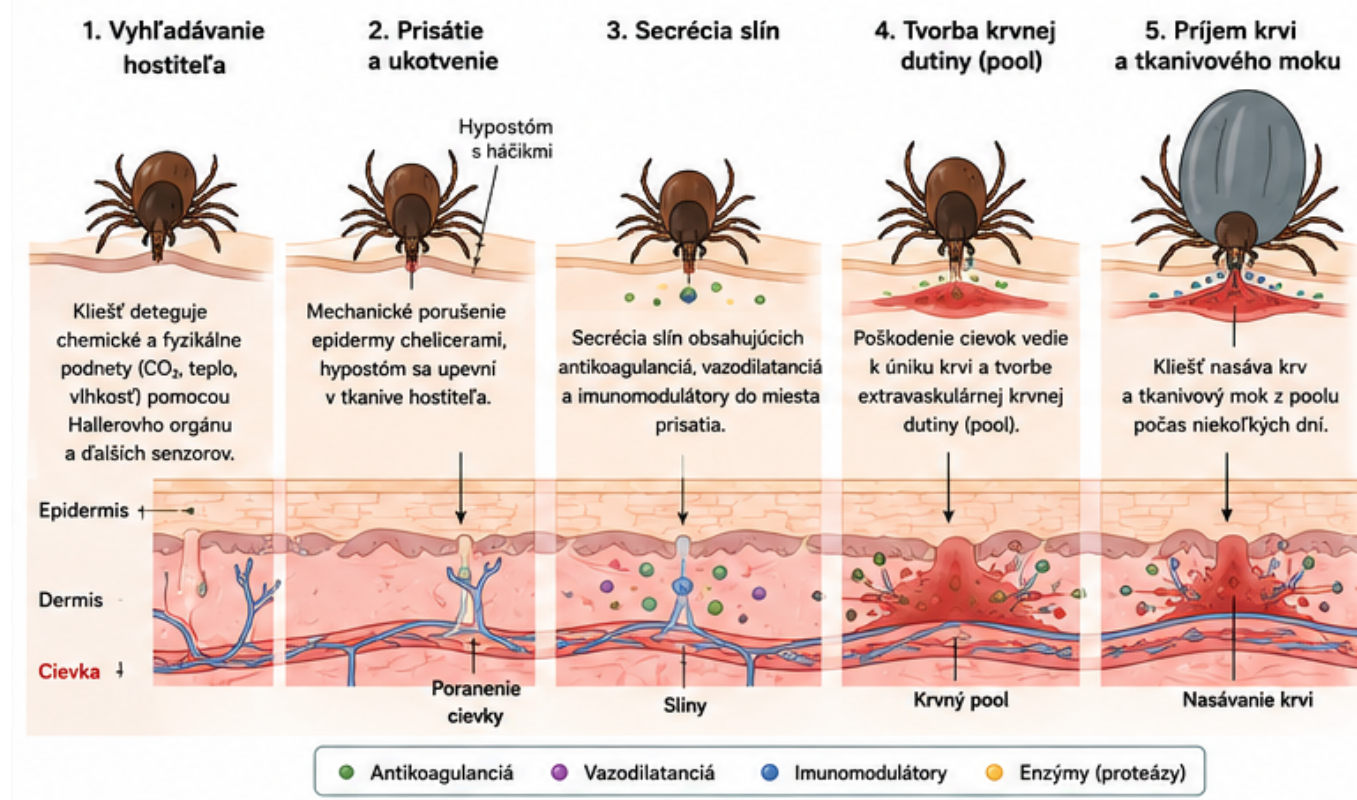
Adaptácie na hematofágiu a vyhľadávanie hostiteľa

Kliešte disponujú komplexným senzorickým aparátom umožňujúcim detekciu hostiteľa. Hallerov orgán zohráva kľúčovú úlohu pri identifikácii chemických (CO_2 , amoniak) a fyzikálnych signálov (teplota, vlhkosť).

Samotný proces príjmu krvi prebieha prostredníctvom mechanizmu *pool feeding*, pri ktorom dochádza k mechanickému narušeniu kože pomocou chelicer a následnej tvorbe krvnej dutiny.

Hypostóm zabezpečuje pevné ukotvenie parazita v tkanive hostiteľa.

1. Schéma *pool feeding* mechanizmu (detailná)



Obr. 1: Mechanizmus sania krvi kliešťom (*pool feeding*)

Tieto adaptácie umožňujú kliešťom efektívne získavať krv počas niekoľkodňového kŕmenia, čo je z evolučného hľadiska nevyhnutné pre ich vývojový cyklus.

Molekulárne zloženie slín a ich biologické účinky

Sliny kliešťov predstavujú komplexnú zmes bioaktívnych molekúl, ktoré modulujú fyziologické procesy hostiteľa. Medzi hlavné funkčné skupiny patria:

- **antikoagulanciá** – inhibícia trombínu a faktorov koagulačnej kaskády,
- **vazodilatačné molekuly** – zvyšujú prietok krvi v mieste prisatia,
- **imunomodulátory** – potláčajú vrodenú aj adaptívnu imunitu.

Proteíny ako Salp15 interferujú s aktiváciou CD4⁺ T-lymfocytov a znižujú produkciu IL-2. Iné molekuly inhibujú aktiváciu komplementu alebo modulujú funkciu dendritických buniek.

Výsledkom je vznik lokálneho imunosupresívneho mikroprostredia, ktoré umožňuje dlhodobé parazitovanie a zároveň vytvára podmienky pre prenos patogénov.

Dynamika prenosu patogénov

Kliešte sú vektormi širokého spektra mikroorganizmov vrátane baktérií (*Borrelia spp.*, *Anaplasma spp.*), vírusov (TBEV) a protozoí (*Babesia spp.*).

Prenos patogénov je dynamický proces závislý od viacerých faktorov:

- dĺžka prisatia,
- aktivácia slinných žliaz,
- replikácia patogénu v organizme kliešťa.

Experimentálne štúdie ukazujú, že riziko prenosu významne narastá po 24–48 hodinách. Tento časový interval je kritický pre klinickú prevenciu infekcie.

Interakcia medzi kliešťom, patogénom a hostiteľom predstavuje komplexný biologický systém, v ktorom sliny zohrávajú aktívnu úlohu pri facilitácii infekcie.

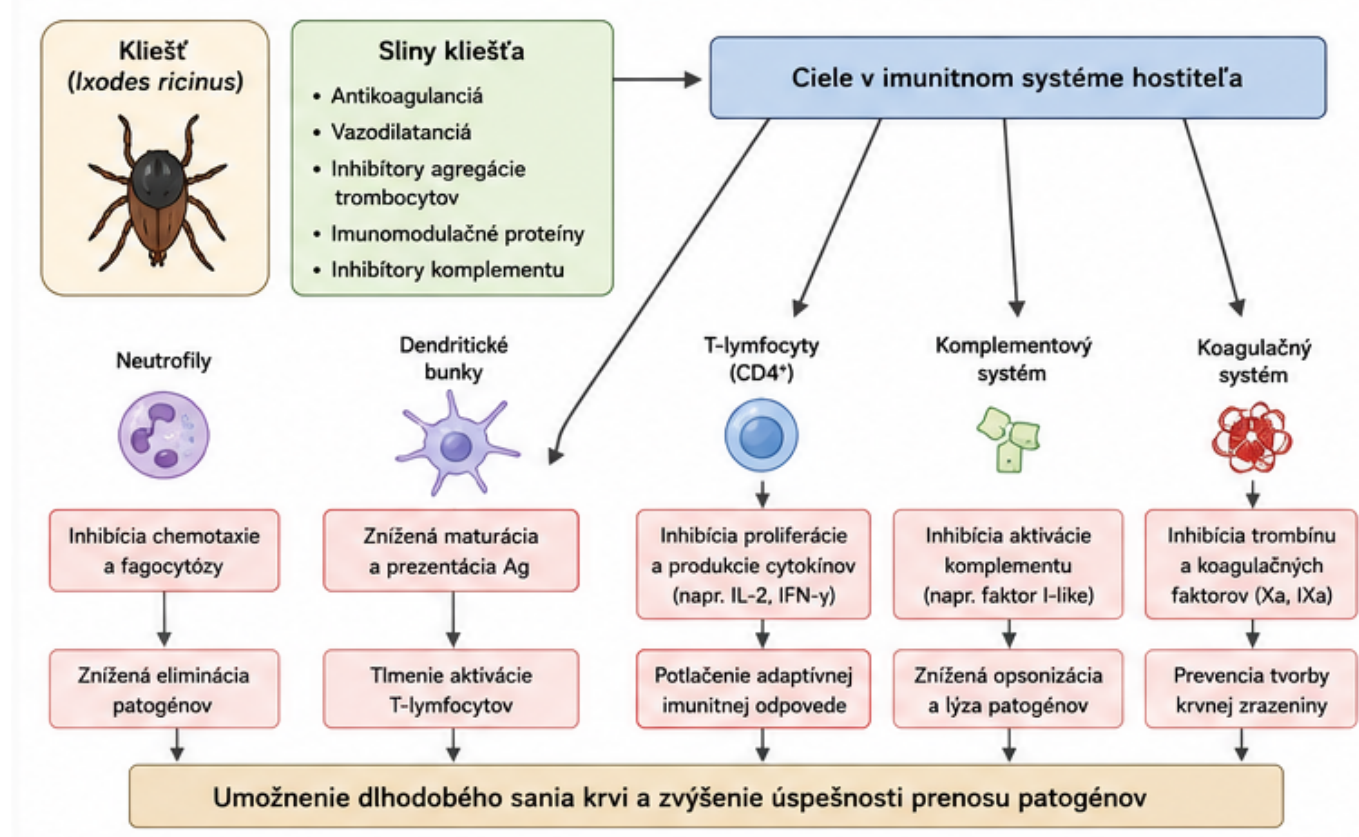
Imunitná modulácia a patogenéza

V mieste prisatia dochádza k modulácii imunitnej odpovede hostiteľa. Sliny kliešťa:

- inhibujú produkciu prozápalových cytokínov,
- znižujú aktivitu neutrofilov a makrofágov,
- ovplyvňujú diferenciáciu dendritických buniek.

Tento proces vedie k vzniku tzv. lokálnej imunitnej tolerance, ktorá umožňuje patogénom prekonať primárne obranné mechanizmy.

2. Diagram interakcie: kliešť – sliny – imunitný systém



Obr. 2: interakcia kliešť-imunita

V prípade vírusov, ako je TBEV, bolo preukázané, že slinné molekuly zvyšujú efektivitu vírusovej replikácie v mieste vstupu do organizmu.

Farmakologický potenciál kliešťových molekúl

Kliešťové sliny predstavujú významný zdroj molekúl s potenciálnym terapeutickým využitím. Ich účinok je výsledkom dlhodobej evolučnej adaptácie na moduláciu hostiteľskej fyziológie.

Medzi najvýznamnejšie skupiny patria:

- **lipokalíny** – viažu histamín a modulujú zápalové reakcie,
- **inhibítory komplementu (napr. Coversin)** – skúmané pri liečbe trombotických ochorení,
- **imunomodulačné proteíny (napr. Salp15)** – potenciálne využiteľné pri autoimunitných ochoreniach.

3. Tabuľka: hlavné skupiny slinných proteínov a ich funkcie

Skupina proteínov	Príklady	Hlavná funkcia	Cieľ v hostiteľovi	Potenciál využitia
 Antikoagulancia	Ixolaris, Salp14, Apyrázy	Inhibícia koagulačných faktorov (trombín, Xa, IXa), degradácia ADP/ATP	Koagulačný systém, trombocyty	Antitrombotiká, prevencia trombóz
 Inhibítory agregácie trombocytov	TILP, Salp15	Zabraňujú adhézii a agregácii trombocytov	Trombocyty	Antiagregačné terapie
 Vazodilatancia	Prostacyclin-like faktory, histamín väzbové proteíny	Rozšírenie ciev, zvýšenie prietoku krvi v mieste prisatia	Cievny endotel, hladká svalovina	Liečba ischemických ochorení
 Inhibítory komplementu	Coversin, TSP-1-like proteíny	Inhibícia klasickej a alternatívnej cesty komplementu	Komplementový systém	Liečba zápalových a autoimunitných ochorení
 Imunomodulačné proteíny	Salp15, Salp16, IrSPI, Ixodes imunoglobulín väzbové proteíny	Modulácia cytokínov, inhibícia aktivácie T-lymfocytov, tolerancia	T-lymfocyty, dendritické bunky, makrofágy	Imunoterapia, liečba autoimunity a alergií
 Enzýmy a iné proteíny	Metalloproteinázy, karboxypeptidázy, lipokalíny	Degradácia extracelulárnej matrix, viazanie histamínu, antioxidanty	Extracelulárna matrix, mediátory zápalu	Protizápalové terapie, inhibícia alergií

Pozn.: Funkcie jednotlivých proteínov sa môžu prekrývať; zoznam nie je úplný.

Tab. 1: Hlavné skupiny slinných proteínov kliešťa a ich biologické funkcie

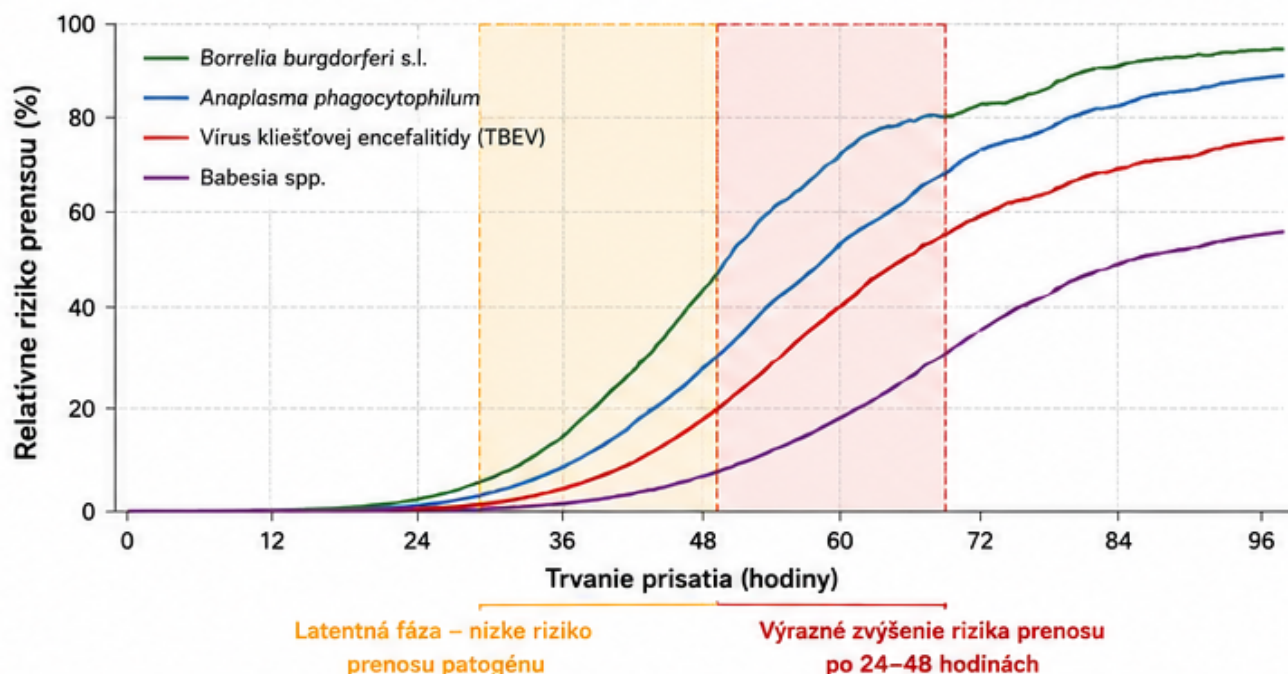
Vývoj liečiv založených na týchto molekulách je limitovaný ich imunogenicitou a farmakokinetickými vlastnosťami, čo vedie k výskumu modifikovaných a chimérických proteínov.

Diskusia

Kliešte predstavujú jedinečný model pre štúdium parazit-hostiteľských interakcií. Ich schopnosť modulovať imunitnú odpoveď hostiteľa je výsledkom komplexnej evolučnej adaptácie, ktorá zároveň vytvára podmienky pre prenos patogénov.

Zároveň sa ukazuje, že molekulárne mechanizmy využívané kliešťami môžu byť aplikovateľné v medicíne. Tento paradox – organizmus ako patogénny faktor aj zdroj terapeutických molekúl – predstavuje významnú výskumnú výzvu.

4. Graf: čas vs. riziko prenosu patogénu



Pozn.: Krivky predstavujú všeobecný trend; skutočné hodnoty závisia od viacerých faktorov (druh kliešťa, druh patogénu, hostiteľské faktory).

Graf 1: Riziko prenosu patogénov výrazne narastá po 24–48 hodinách prisatia

Záver

Kliešte predstavujú významný faktor ovplyvňujúci verejné zdravie, ktorého význam pravdepodobne narastie v dôsledku klimatických zmien. Súčasne však poskytujú unikátny zdroj bioaktívnych molekúl s potenciálom pre vývoj nových terapeutických prístupov.

Ich štúdium tak presahuje rámec parazitológie a zasahuje do oblasti imunológie, molekulárnej biológie a farmakológie.

Použitá literatúra

Boulanger, N., Boyer, P., Talagrand-Reboul, E., et al. (2019). Ticks and tick-borne diseases. *Médecine et Maladies Infectieuses*, 49(2), 87–97. <https://www.mendeley.com/catalogue/24f56dbe-14d7-3001-a6ea-dc9e2f78b045/>

Feňda, P. (2018). *Ixodida (kliešte)*. Slovenská arachnologická spoločnosť. https://saras-arachno.sk/saras_ixodid.htm

Gray, J., Kahl, O., Zintl, A., et al. (2021). What do we still need to know about *Ixodes ricinus*? *Ticks and Tick-borne Diseases*, 12(3), 1–12. <https://www.mendeley.com/catalogue/15c73982-6839-35f4-afbd-e5c52ddae0e2/>

Kahl, O., & Gray, J. S. (2023). The biology of *Ixodes ricinus* with emphasis on its ecology. *Ticks and Tick-borne Diseases*, 14(2). <https://www.mendeley.com/catalogue/c6f95853-c654-3ba7-b03f-2e32e51e591f/>

Mehlhorn, H. (2016). *Encyclopedia of parasitology* (4th ed.). Springer.

Ondriska, F., Boldiš, V., Kaiglová, A., et al. (2022). *Atlas parazitov človeka*. VEDA.

Park, K. B., Jo, Y. H., Kim, N. Y., et al. (2020). Tick-borne viruses: Current trends in large-scale viral surveillance. *Entomological Research*, 50(8), 379–392. <https://www.mendeley.com/catalogue/22c8913b-a83c-332a-855d-4f5cb0e26066/>

Petko, B. (2021). Čo by sme mali vedieť o kliešťoch alebo nie je kliešť ako kliešť. *In Vitro: Choroby z kliešťa*, 9(2), 54–63. https://issuu.com/alphamedicalinvitro/docs/web_invitro_2-2021_small

Pustijanac, E., Buršić, M., Talapko, J., et al. (2023). Tick-borne encephalitis virus: A comprehensive review of transmission, pathogenesis, epidemiology, clinical manifestations, diagnosis, and prevention. *Microorganisms*, 11(7). <https://www.mendeley.com/catalogue/47daa025-140f-3dab-8814-0dc43a47073b/>

Stanko, M., & Slovák, M. (2019). *História výskumov ekológie kliešťov na území Česka a Slovenska do roku 2000*. VEDA.

Šimo, L., Kazimirova, M., Richardson, J., et al. (2017). The essential role of tick salivary glands and saliva in tick feeding and pathogen transmission. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, 7, 281. <https://www.mendeley.com/catalogue/4a6b1662-f0ec-3dab-9f46-8622059bf264/>

Špaleková, M. (2022). Kliešťová encefalitída na Slovensku – epidemiológia a história. *Česko-Slovenská Pediatrie*, 77(1), 7–12. <https://www.prolekare.cz/casopisy/cesko-slovenska-pediatric/2022-supplementum-1-3/kliestova-encefalitida-na-slovensku-epidemiologia-a-historia-131197>

Vancová, M., Bílý, T., Šimo, L., et al. (2020). Three-dimensional reconstruction of the feeding apparatus of the tick *Ixodes ricinus* (Acari: Ixodidae): A new insight into the mechanism of blood-feeding. *Scientific Reports*, 10, 165. <https://www.nature.com/articles/s41598-019-56811-2.pdf>

Vechtová, P., Fussy, P., Cegan, M., et al. (2020). Catalogue of stage-specific transcripts in *Ixodes ricinus* and their potential functions during the tick life-cycle. *Parasites & Vectors*, 13, 311. <https://link.springer.com/content/pdf/10.1186/s13071-020-04173-4.pdf>

Použité obrázky:

Všetky použité obrázky v článku boli generované s pomocou AI (ChatGPT)