



2025. XXV. évfolyam 3. szám

Tartalom:

Szamárköhögés – Járványügyi helyzet és laboratóriumi diagnosztika

Földi Dorottya¹, Kienle Zsuzsa¹, Kádár Hürkecz Enikő¹, Tárnoki-Boross Katalin¹,
Henczkó Judit², Sima Krisztina¹, Petrovay Fruzsina¹, Kaszás Katalin³,
Molnár Zsuzsanna³

¹ Nemzeti Népegészségügyi és Gyógyszerészeti Központ, Mikrobiológiai Referencia Laboratóriumi Főosztály, Bakteriológiai, Mikológiai és Parazitológiai Referencia Laboratóriumi Osztály

² Nemzeti Népegészségügyi és Gyógyszerészeti Központ, Mikrobiológiai Referencia Laboratóriumi Főosztály, Nemzeti Biztonsági Laboratóriumi Osztály

³ Nemzeti Népegészségügyi és Gyógyszerészeti Központ, Járványügyi és Infekciókontroll Főosztály

2025



Kiadja: Nemzeti Népegészségügyi és Gyógyszerészeti Központ

A kiadó és a szerkesztőség székhelye: 1097 Budapest, Albert Flórián út 2-6.

Felelős kiadó: Dr. Surján Orsolya

Alapító szerkesztő:

Dr. Füzi Miklós

Dr. Gacs Mária

Felelős szerkesztő:

Pásztai Judit

Mikrobiológiai Referencia Laboratórium Főosztály

Szerkesztő:

Dr. Áy Éva

Erdősi Tímea

Technikai szerkesztő:

Adravec Lilla

Olvasó szerkesztő:

Dr. Dencs Ágnes

Dr. Tóth Ákos

ISSN 2063-9813 (Online)

Szamárköhögés – Járványügyi helyzet és laboratóriumi diagnosztika

Földi Dorottya¹, Kienle Zsuzsa¹, Kádár Hürkecz Enikő¹, Tárnoki-Boross Katalin¹,
Henczkó Judit², Sima Krisztina¹, Petrovay Fruzsina¹, Kaszás Katalin³, Molnár Zsuzsanna³

¹ Nemzeti Népegészségügyi és Gyógyszerészeti Központ, Mikrobiológiai Referencia Laboratóriumi Főosztály, Bakteriológiai, Mikológiai és Parazitológiai Referencia Laboratóriumi Osztály

² Nemzeti Népegészségügyi és Gyógyszerészeti Központ, Mikrobiológiai Referencia Laboratóriumi Főosztály, Nemzeti Biztonsági Laboratóriumi Osztály

³ Nemzeti Népegészségügyi és Gyógyszerészeti Központ, Járványügyi és Infekciókontroll Főosztály, Járványügyi és Védőoltási Osztály

I. Bevezetés

A szamárköhögés (pertussis) egy akut felsőlégúti megbetegedés, amely jellemzően köhögési rohamokkal, elhúzódó köhögéssel jár, kórokozója a *Bordetella pertussis* (*B. pertussis*). Elterjedt tévhit, hogy a pertussis fertőzés csak a gyermekeket érinti, valójában minden korosztályban előfordulhat. Súlyos, akár halálos kimenetelű megbetegedéssel járó forma azonban leginkább az oltatlan, vagy részlegesen oltott csecsemőkben alakul ki (Hua et al., 2024). Annak ellenére, hogy az 1940-es évek óta elérhető ellene védőoltás, a szamárköhögés napjainkban is világszerte endémiás betegség, a hideg és mérsékelt égövön rendszerint magasabb esetszámokkal. A betegségre jellemző, hogy 3-5 évente esetszám-emelkedést, járványokat okoz (Liu et al., 2024).

A *B. pertussis* a *Burkholderiales* renden belül, az *Alcaligenaceae* családba és a *Bordetella* nemzetségbe tartozó faj, a *B. pertussis* mellett a nemzetségbe jelenleg 15 fajt sorolnak (Miguelena Chamorro et al., 2023).

A *B. pertussis*, a *B. bronchiseptica* és a *B. parapertussis* a „klasszikus bordetellák” csoportját alkotja. Ez a három faj genetikai elemzések alapján nagy hasonlóságot mutat (egy genomi faj), valószínűleg egy közös ős három leszármazási vonala (Linz et al., 2016; Bridel et al., 2022). Bár mindhárom faj felső légúti megbetegedést okoz, a fajok gazdaspektruma nagyon eltérő. Míg a *B. pertussis* obligát humán patogén, a *B. parapertussis* emberekben és juhokban is képes betegséget előidézni. Emberben a megbetegedés szamárköhögéshez hasonló tünetekkel jár, de

a súlyos, életveszélyes forma nem jellemző, ezért járványügyi jelentősége csak az esetleges differenciáldiagnosztikai probléma miatt lehet. A *B. bronchiseptica* a humán megbetegedésen túl több emlős fajban is felső légúti tünetekkel járó megbetegedést okozhat (Miguelena Chamorro et al., 2023). Ennek ellenére virulencia faktoraikban több hasonlóság is megfigyelhető, a különböző sejt adhézióban részt vevő fehérjéket (pertaktin, filamentózus hemagglutinin, fimbriák), illetve a különböző toxinokat (adenilát cikláz, dermonekrotikus toxin, pertussis toxin) kódoló gének egy része mindhárom faj esetében megtalálható a genomban. Kifejeződésük azonban eltérő, például aktív pertussis toxin operon csak a *B. pertussis*-ban van (Parkhill et al., 2003; Linz et al., 2016).

A „klasszikus *bordetellák*” mellett további *Bordetella* fajok is állhatnak humán megbetegedések hátterében. Ilyen a *B. holmesii*, ami okozhat enyhébb szármásköhögés-szerű tüneteket, de súlyosabb esetekben akár szepszist is. A *B. hinzii* lehet tüdőgyulladás kórokozója, de szubkután tályogban is kimutatták már a jelenlétét. A *B. trematum* sebfertőzésekben és fülgyulladásokban játszhat szerepet, míg a *B. petrii* perzisztáló légúti fertőzést okozhat. Ezek mellett immunkompromittált, vagy más alapbetegséggel (pl. cisztás fibrózis) rendelkező betegek mintáiból azonosították már kórokozóként a *B. avium*, *B. ansorpii*, *B. flabilis*, *B. sputigena* és *B. bronchialis* fajokat is (Gross et al., 2010; Bridel et al., 2022; Miguelena Chamorro et al., 2023).

A *Bordetella pertussis* virulencia faktorai és adhéziós molekulái

A *B. pertussis* több virulencia faktorról és adhéziós molekulával rendelkezik (1. táblázat). Ezek a molekulák a gazdasejthez történő kapcsolódás mellett részt vesznek a légutak csillóshámjának károsításában, illetve a baktérium védekezésében a gazdaszervezet immunválaszával szemben (Dorji et al., 2018). A virulencia faktorok gátolják a celluláris immunválasz effektor sejtjeit (fagociták, neutrofil granulociták és T sejtek), emellett pedig pro-inflammatórikus immunválaszt váltanak ki. A természetes fertőződés az immunválaszt Th1/Th17 irányba tolja el (Fedele et al., 2013).

A virulencia faktorok kifejeződése nem állandó, a baktérium rendelkezik olyan szabályozó rendszerrel, ami a környezeti jelzések alapján kapcsolódik a virulencia gének promóter régiójához és aktiválja őket (*Bordetella* master virulence regulatory system; BvgAS). A szabályozó rendszer aktiválódásához szükséges környezeti jelzések a légzőrendszerben találhatók (Dorji et al., 2018).



1. táblázat. A *Bordetella pertussis* virulencia faktorai és adhéziós molekulái jelölve a többi *Bordetella* fajban nem termelődő fehérjéket (Dorji et al., 2018).

Virulencia faktor/antigén	Tulajdonság, funkció
Pertussis toxin (csak <i>B. pertussis</i>)	1. virulencia faktor és protektív antigén 2. exotoxin 3. megemeli az intracelluláris cAMP szintet G-fehérjék inaktiválásával 4. ennek következtében alakulhat ki a leukocitózis, insulinaemia, hypoglycaemia, és hisztamin érzékenység
Adenilát cikláz	1. virulencia faktor 2. immunomoduláns hatás 3. haemolizin és citolizin 4. a gazdasejt mieloid fagocita és természetes ölfősejtjeihez történő kapcsolódásban van szerepe 5. gátolja a szuperoxid termelést, az immuneffektor sejtek kemotaxisát, a fagocitózist
Tracheal citotoxin (csak <i>B. pertussis</i>)	1. virulencia faktor 2. sejtfal peptidoglikán 3. immunogén, somnogén és pirogén 4. független a BvgAS rendszertől, folyamatosan termelődik 5. károsítja a csillós sejteket, ezáltal a köhögési rohamok egyik kiváltója és fogékonyabbá tesz másodlagos fertőzésekre 6. gátolja a neutrofil granulocitákat
Dermonekrotikus toxin	1. hőérzékeny 2. a citokinézist és a sejt differenciációt gátolja
Pertaktin	1. autotranszporter 2. a sejtadhézióban van szerepe
Trachea kolonizációs faktor (csak <i>B. pertussis</i>)	1. adhézióban van szerepe
BrkA (Bordetella resistant to killing protein)	1. a klasszikus komplement útvonalat gátolja
Vag8	1. a klasszikus és a lektin komplement útvonalakat gátolja



Virulencia faktor/antigén	Tulajdonság, funkció
Filamentózus hemagglutinin	1. adhezin 2. a légúti hámsejtekhez és a makrofágokhoz való kapcsolódásban elsődleges szerep
Fimbriák	1. adhezin 2. a légúti hámsejtekhez kapcsolódásban elsődleges szerep 3. típusa alapján két szerotípus
Bacterial type III secretion system	1. membránba ágyazott nano-injektor szerkezet 2. a virulencia faktorokat juttatja át a gazdasejtbe
Lipopoliszacharid	1. hozzájárulhat a számarköhhögés szindróma kialakulásához NO gyökök termeltetésével a fertőzött trachea sejtekben, ezzel károsítva a légúti csillós sejtek működését
Biofilm	1. állatkísérletekben az orrban kialakult biofilm növelte a virulenciát

A szamárköhögés klinikai tünetei

A szamárköhögés egy cseppfertőzéssel terjedő, rendkívül fertőző betegség. Alap reprodukciós rátája (R_0) oltatlan populációban 12-17, vagyis egy beteg átlagosan ennyi fogékony embert fertőz meg. Oltott közösségben az R_0 érték 5-6 (Belcher et al., 2021). Egy háztartáson belül az átadás valószínűsége 70-100% (European Centre for Disease Prevention and Control., 2024). Tüneteket mutató betegek mellett, az oltott gyermekeknél és felnőtteknél előfordulhat tünetmentes fertőzés, illetve nagyon enyhe tünetekkel járó megbetegedés (Craig et al., 2020).

A klasszikus szamárköhögés lefolyása három szakaszból áll. Az átlagosan 7-10 (maximum 21) napig tartó lappangási időszakot egy nagyjából két hétig tartó hurutos (catarrhalis) szakasz követi. A hurutos szakasz tünetei nem kórjelzők, általános megfázásos tünetek jelentkeznek, láz előfordulhat. Ezt követi a paroxysmalis szakasz, amely akár hat hétig is tarthat. Ekkor fordulnak elő a jellegzetes köhögési rohamok, a húzó, szamárhangszerű belégzés és a köhögést követő hányás. A köhögés éjszaka rosszabbodhat. Ebben a szakaszban láz már nem jellemző. A harmadik szakasz a convalescens szakasz, amikor a tünetek fokozatos javulása figyelhető meg, azonban ez hosszan elhúzódhat. A beteg a tünetek kezdetétől számított 21 napig fertőzőképes, vagy időközben megkezdett antibiotikum kezelés esetén annak befejezéséig. Újszülöttekben és csecsemőkben a jellegzetes húzó belégzés nem mindig jelentkezik, és gyakran az egyetlen tünet az apnoe. Három hónapnál fiatalabb csecsemőkben és újszülöttekben előfordulhat továbbá malignus pertussis szindróma is, ami esetenként többszervi elégtelenséghez vezető, életveszélyes állapot. Tünetei az akut légzési distressz szindróma, a refrakter hypoxia, a pulmonalis hypertensio, a folytonos tachycardia és a hyperleukocytosis (>50 G/l), amely többszervi károsodást okoz (Tróbert-Sipos et al., 2024).

Az Európai Betegségmegelőzési és Járványvédelmi Központ (ECDC) a fertőzés valószínűsége és a megbetegedés súlyossága alapján négy rizikócsoportba sorolta be a lakosságot:

- A hat hónapnál fiatalabb csecsemők magas kockázatú csoportot alkotnak. Mivel oltatlanok vagy részlegesen oltottak, ez a korosztály érintett leginkább a súlyos fertőzésben, náluk alakulnak ki leggyakrabban szövődmények (tüdőgyulladás, légzéskimaradás, rohamok, encefalopátia) is. A két hónaposnál fiatalabb csecsemők között a pertussis letalitási aránya 2%.
- Hat hónapos kortól 15 éves korig közepes kockázatot állapítottak meg, abban az esetben, ha az érintettek nem immunizáltak, vagy részlegesen oltottak. Amennyiben



teljesen oltottak, a megbetegedés kockázata alacsony. A betegség lefolyása ebben a korosztályban jellemzően enyhe.

- 16 és 64 éves kor között a megbetegedés kockázata szintén közepes, ami alacsonyra csökken, ha az érintett az elmúlt öt évben kapott emlékeztető oltást. A védettség gyengülése miatt a fertőzés gyakori lehet, komplikációk előfordulhatnak, de a megbetegedés kimenetele jellemzően kedvező.
- 65 év felettiek, és bármilyen korú, bizonyos alapbetegségekkel (például asztma, krónikus obstruktív légúti betegség, immunszuppresszió) rendelkező betegek esetében a megbetegedés kockázata általában közepes, azonban tapasztalhatnak súlyosabb tüneteket és magasabb a fekvőbeteg-intézménybe utalás valószínűsége. 2023 januárjától 2024 májusáig az ECDC-nek jelentett halálesetek 42%-a a 60 év feletti korosztályból került ki (European Centre for Disease Prevention and Control, 2024).

A betegség súlyossága és járványügyi jelentősége miatt Magyarországon már 1931 óta kötelezően bejelentendő betegség, amelynek klinikai kritériumai a 18/1998. (VI. 3.) NM rendeletben találhatók, a következők:

- Legalább két hete fennálló köhögés és az alábbi tünetek közül legalább egy:
 - köhögési rohamok
 - húzó belégzés (belégzési számárhang)
 - köhögés utáni hányás
- apnoe csecsemőknél.

A 18/1998. (VI. 3.) NM rendelet alapján gyanús, valószínűsíthető és megerősített eseteket különböztetünk meg. Gyanús egy eset, ha a klinikai feltétel teljesül. Valószínűsíthető, ha a klinikai feltételek teljesülnek és igazolható az emberről emberre terjedés (epidemiológiai kritérium). Végül megerősített, ha a klinikai feltételek teljesülése mellett laboratóriumi vizsgálat igazolta a kórokozó jelenlétét.

A számarköhögés antibiotikum terápiája

A betegek antibiotikum kezelésére elsődlegesen javasolt hatóanyagok a makrolidok, ezen belül is az azitromicin. Makrolidallergia esetén kotrimoxazol hatóanyag javasolt. Az antibiotikum terápia segítségével enyíthetők a tünetek, illetve lerövidíthető a baktériumürítés időtartama. A terápia akkor hatékony, ha a kezelést a tünetek megjelenését követően minél hamarabb, de legkésőbb 21 napon belül megkezdik. A tünetek megjelenésétől számított 21 napon túl megkezdett terápia nem javasolt, mivel a tüneteket már nem enyhíti. Megerősített számarköhögéses beteg kontaktjai esetében posztexpozíciós antibiotikus kemoprofilaxis

lehetséges, melynek adagolása és időtartama megegyezik a terápiával (Tróbert-Sipos et al., 2024).

A makrolidok alkalmazása szelekciós hatást gyakorol a *B. pertussis* törzsekre, ennek eredményeképp világszerte terjednek a rezisztens izolátumok. A rezisztenciát molekuláris szinten elsősorban a 23S rRNS gén egy pontmutációjával (A2047G) lehet összefüggésbe hozni. A globális felmérésben a 2000-2020 között izolált törzsek közül az ázsiaiak 55%-a hordozta a rezisztens mutációt, míg a világ többi részéről gyűjtött izolátumok 99,8%-a az érzékeny fenotípusnak megfelelő allélt hordozta (Payne et al., 2023). A 2024-es járványban Franciaországban és Finnországban is találtak egy-egy makrolid rezisztens izolátumot (Miettinen et al., 2024; Rodrigues et al., 2024).

A szamárköhögés elleni védőoltás

A szamárköhögés ellen már az 1940-es évek óta létezik védőoltás, Magyarországon 1954-ben vezették be. Kezdetben teljes sejtes vakcinát használtak, és a tömeges oltásnak köszönhetően az 1980-as évek elejére a szamárköhögés morbiditása és mortalitása drasztikusan lecsökkent. Ezután a korábbinál nagyobb figyelem fordult az oltás lehetséges mellékhatásai felé, csökkent a társadalmi elfogadottsága, és több országban az alkalmazását is felfüggesztették. Mindez összefüggésbe hozható a pertussis esetek számának növekedésével. Ennek eredményeként került bevezetésre az acelluláris pertussis vakcina, amiben a teljes, inaktivált baktérium helyett csak bizonyos fehérjék találhatók meg (Szwejszer-Zawislak et al., 2022). A fehérjék összetétele és mennyisége a különböző gyártók oltóanyagaiban eltérő, de a pertussis toxin minden oltástípusban megtalálható. Mellette jellemzően a filamentózus hemagglutinin, a pertaktin, és ritkán a fimbriák fehérjéi is bekerülnek az oltóanyagba (Chen and He, 2017). Az acelluláris oltóanyagnak jó a társadalmi elfogadottsága, kevesebb mellékhatással jár, azonban a kiváltott védetség rövidebb (3-5 év) és más típusú immunválaszt indukál, mint a természetes fertőződés, vagy a teljes sejtes oltóanyag. Míg a teljes sejtes vakcinákra a Th1/Th17 irányú immunválasz jellemző az opszonizáló és neutralizáló IgG ellenanyagok megjelenésével, addig az acelluláris vakcina Th2/Th17 irányú immunválaszt indukál, és kevesebb opszonizáló és neutralizáló ellenanyag termelődik. Így az acelluláris oltóanyag például nem akadályozza meg a baktérium hordozását az orrgaratban (Szwejszer-Zawislak et al., 2022).

Jelenleg hazánkban a gyermekek szamárköhögés elleni oltása kötelező, 2, 3 és 4 hónapos korban kapják az alapimmunizálást, majd 18 hónaposan, 6 évesen és 6. osztályban (11-12 évesen) kapnak kötelező újraoltást (Nemzeti Népegészségügyi és Gyógyszerészeti Központ,

2025). Emellett hazánkban is javasolt a várandós nők oltása. Az újszülöttek fertőződése magas kockázatot jelent, azonban ha az anyák a várandósság 28-32. hete között szamárköhögés elleni védőoltásban részesülnek az anyai ellenanyagok megvédik az újszülötteket az alapimmunizálás befejezéséig (Parisi et al., 2024). Az Egyesült Államok Betegségmegelőzési és Járványügyi Központjának (USA, CDC) javaslata alapján a várandós nők oltása már a várandósság 27. hetétől megkezdhető és egészen a 36. hétig végezhető, de előnyösebb, ha minél hamarabb történik meg. A védőoltás ismétlése valamennyi várandósság során javasolt.

Hazánkban 2006-ban került bevezetésre az acelluláris pertussis komponenst tartalmazó kombinált oltóanyag, azóta mind az alapimmunizálás, mind az újraoltások ilyen típusú vakcinával történnek (Országos Epidemiológiai Központ, 2005; Nemzeti Népegészségügyi és Gyógyszerészeti Központ, 2025). Magyarországon az összes engedélyezett oltóanyag kombinált formában tartalmazza a pertussis antigéneket (2. táblázat; forrás: <https://ogyei.gov.hu/gyogyszeradatbazis>)

2. táblázat. Magyarországon engedélyezett *Bordetella pertussis* antigént tartalmazó oltóanyagok. Zárójelben jelölve, ha az adott készítmény több összetételben is elérhető.

Készítmény neve	Mi ellen véd?	Pertussis antigének
Pentaxim	diftéria, tetanusz, pertussis, polio, <i>Haemophilus influenzae</i> b típus	pertussis toxin, filamentózus hemagglutinin
Infanrix-IPV (+Hib)	diftéria, tetanusz, pertussis, polio, (<i>Haemophilus influenzae</i> b típus)	pertussis toxin, filamentózus hemagglutinin, pertaktin
Infanrix Hexa	diftéria, tetanusz, pertussis, polio, <i>Haemophilus influenzae</i> b típus, hepatitisz B	pertussis toxin, filamentózus hemagglutinin, pertaktin
Tetraxim	diftéria, tetanusz, pertussis, polio	pertussis toxin, filamentózus hemagglutinin
Boostrix (polio)	diftéria, tetanusz, pertussis, (polio)	pertussis toxin, filamentózus hemagglutinin, pertaktin
Adacel (polio)	diftéria, tetanusz, pertussis, (polio)	pertussis toxin, filamentózus hemagglutinin, pertaktin, 2-es és 3-as típusú fimbria

Az acelluláris oltóanyag hátrányait figyelembe véve felmerült az igény új oltóanyagok fejlesztésére. A kutatások több irányban is zajlanak, egyrészt a jelenlegi acelluláris vakcina komponensek újraformulázása merült fel olyan adjuvánssal, ami az immunválaszt inkább a természetes fertőzésre jellemző Th1 irányba tolja el (Locht, 2025). Egy másik kutatási irány új, teljes sejtes vakcina előállítása, amely során nagy hangsúlyt fektetnek az endotoxicitás csökkentésére, így a korábbi mellékhatások kivédésére (Dias et al., 2013). Ezen kívül

lipopoliszacharid (Wang et al., 2022) alapú és élő-attenuált vakcinákat is fejlesztenek. Utóbbi kutatásai BPZE1 néven, 2-es klinikai fázisban zajlanak. A vakcina intranazálisan lenne alkalmazható, hogy a fertőződés helyén lokálisan biztosítson nyálkahártya immunitást (Keech et al., 2023).

Bordetella pertussis törzsek vakcina indukált szelekciója

Mivel a *B. pertussis* nem fordul elő a környezetben és kizárólag humán megbetegedéseket okoz, a legnagyobb szelekciós nyomás hátterében valószínűleg a megelőzésre szolgáló vakcinák és az alkalmazott terápiák állnak (Schmidtke et al., 2012). A teljes sejtes (Fim2 szerotípusú törzset tartalmazó) vakcina alkalmazása során a szelekciós nyomás hatása volt a cirkuláló törzsek szerotípus váltása Fim2 vagy Fim2,3 szerotípusokról - amik dominánsak voltak a vakcinák előtti időszakban - Fim3 szerotípusra (Preston, 1976; Domenech de Cellès and Rohani, 2024). Az acelluláris vakcinákban alkalmazott fehérjék allél típusait a 3. táblázat foglalja össze. A fimbriákat a *fim2* és *fim3* gének allél típusával, a pertaktint a *prn* gén allél típusával, a pertussis toxint pedig a promóter (*ptxP*) és az egyik alegység (*ptxA*) allél típusával szokták jellemezni.

3. táblázat. Az acelluláris vakcinákban használt fehérjék génjeinek allél típusai a vakcinákban és a 2000-2020 között klinikai izolátumokban. Az allél típus mögött zárójelben feltüntetve, hogy a vizsgált vakcinák vagy izolátumok mekkora arányban hordozzák az adott allél típust.

	Vakcina (Bart et al., 2014)	Izolátumok (Payne et al., 2023)
<i>fim2</i>	<i>fim2</i> -1 (82%)	<i>fim2</i> -1 (100%)
<i>fim3</i>	<i>fim3</i> -1 (100%)	<i>fim3</i> -1 (78%)
<i>prn</i>	<i>prn1</i> (74%)	<i>prn2</i> (85%)
<i>ptxP</i>	<i>ptxP1</i> (67%)	<i>ptxP3</i> (84%)
<i>ptxA</i>	<i>ptxA2</i> (52%) <i>ptxA4</i> (31%)	<i>ptxA1</i> (97%)

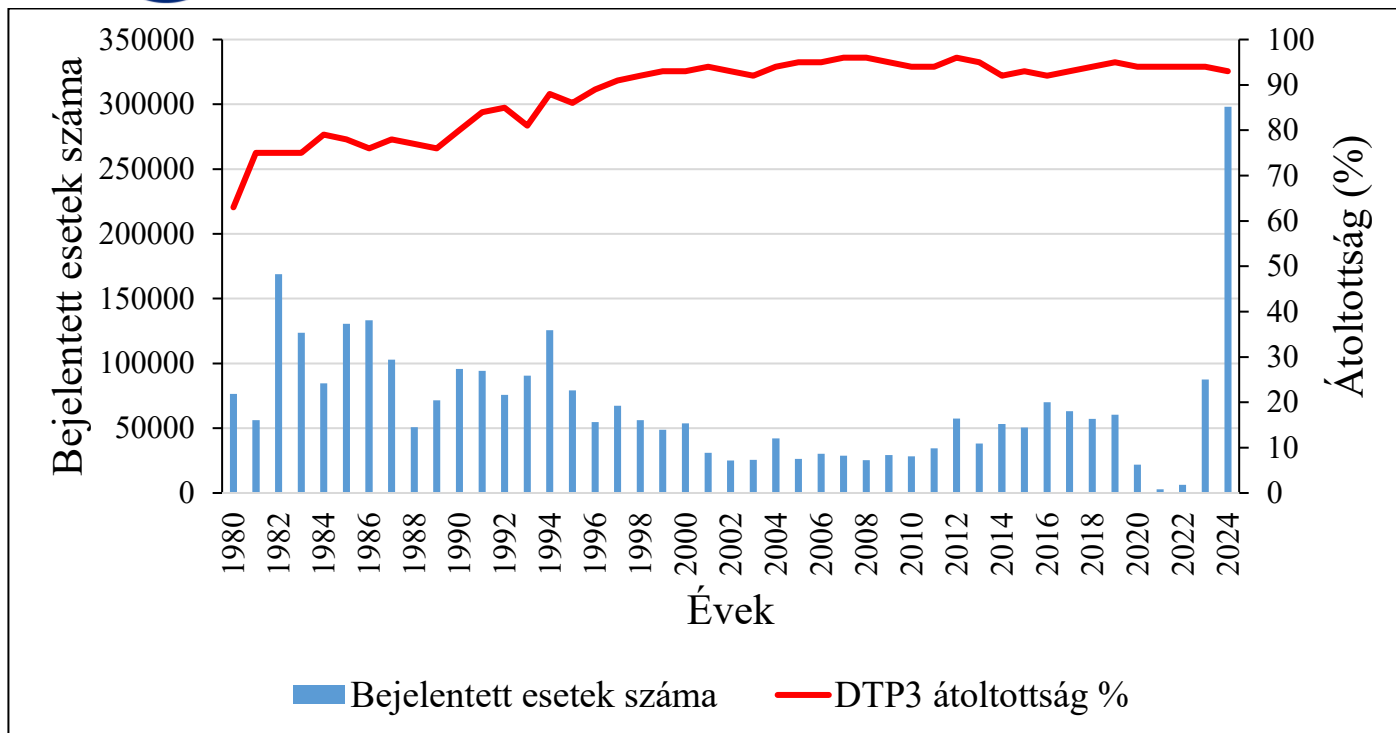
Egy tanulmányban 4271 törzsben vizsgálták a vakcina gének alléljait. A törzsek nagy része Észak-Amerikából és Európából származott, de jelentős mennyiségű ázsiai és óceániai izolátum is volt köztük. Ezekben a domináns allél típusok a 3. táblázat szerint alakultak. A törzsek származási helyét összehasonlítva a domináns allélekben a pertussis toxin promóter és a pertaktin gén esetén volt kivétel. Ezekben az esetekben Ázsiában a *prn1* allél és a *ptxP1* allél volt domináns, szemben a többi helyen megfigyelt *prn2* és *ptxP3* allélekkel (Payne et al., 2023). Az ázsiai törzsek döntő többsége Kínából származott (67%), ahol a *ptxP3* allél változat a COVID-19 járvány után kezdett el terjedni, 2024-ben a vizsgált izolátumok 99,5%-a ezt az allélt hordozta (Cai et al., 2025).

A vakcinák szelekcióra gyakorolt hatása a pertaktin gén kifejeződésében is megfigyelhető. Az acelluláris vakcinák elterjedése után megjelentek olyan törzsek, amelyeknél nem fejeződik

ki a pertaktin gén. A gén mutációja többféleképpen is megvalósulhat: leggyakoribb az IS481 mobilis genetikai elem inzerciója, de előfordul a gén részleges vagy teljes deléciója, korai stop kodon megjelenése pontmutációk miatt, vagy inverziók a promóter régióban (Pawloski et al., 2014). A korábban említett globális vizsgálatban 2000 és 2020 között gyűjtött törzsek közül pertaktin kifejeződésre 5 863-at vizsgáltak, ezeknél fele-fele arányban feltételezték a pertaktin kifejeződést és a deficienciát. Főleg az észak-amerikai (98%-ban amerikai egyesült államokbeli) törzsek bizonyultak pertaktin negatívnak (deficiens: 77%; Payne et al., 2023). 2020 után Kínában is elterjedtek a pertaktin deficiens izolátumok (Zhou et al., 2024). Egy másik vizsgálat szerint, míg a 2016-2020 között Franciaországban gyűjtött *B. pertussis* törzsek közel fele-fele arányban voltak pertaktin pozitívak és negatívak, addig a 2022-2024 között ugyanitt gyűjtött törzsek 90%-a pertaktin pozitív volt. A tanulmány szerzőinek véleménye szerint az arány megfordulásának hátterében az állhat, hogy az alapimmunizálásra gyakran használt egyik oltóanyag és az emlékeztető oltások egy része sem tartalmaz pertaktint (Rodrigues et al., 2024). Hasonló megfigyelést tettek Japánban is, ahol azután, hogy az alapimmunizálásra pertaktint nem tartalmazó oltóanyagot vezettek be, megnőtt a pertaktint kifejező törzsek száma (Otsuka et al., 2012). Bár korábban leírtak már egy-egy filamentózus hemagglutinin vagy pertussis toxin deficiens izolátumot, ezeknek a száma elenyésző (Bouchez et al., 2015).

II. Nemzetközi kitekintés – a szamárköhögés epidemiológiája

A védőoltások elterjedése után, a 20. század közepétől világszerte alacsony volt a szamárköhögés előfordulása. Az 1990-es évek közepe óta azonban egyre több fejlett országban tapasztaltak esetszám-emelkedést a magas átoltottság ellenére is (Hua et al., 2024). Az Egészségügyi Világszervezet (WHO) adatai alapján az európai régióban 1980 és 2024 között jelentett pertussis esetszámokat az 1. ábra tartalmazza. Egyes években nagyobb esetszámot tapasztaltak annak ellenére, hogy az európai régióban a 3 adag DTP vakcinával oltottak (alapimmunizáltak) aránya 1997 óta 90% feletti. Hazánkban az átoltottság 1980 óta 99% felett van (<https://immunizationdata.who.int/>). A WHO álláspontja egyértelmű, a pertussis elleni védőoltás fő célja, hogy csökkentse csecsemőknél és kisgyermekknél a súlyos pertussis okozta magas morbiditás és mortalitás kockázatát (World Health Organization, 2015).



1. ábra. A bejelentett pertussis esetek száma és a pertussis elleni alapimmunizálásban (DPT3) részesítettek aránya a WHO Európai Régiójában 1980-2024 között.

A pertussis megbetegedések alakulása 2019 és 2024 között

Az elmúlt öt év számarköhhögés járványügyi helyzetének alakulására a COVID-19 járvány és a hozzá kapcsolódó intézkedések (távolságtartás, maszkviselés) erőteljes hatást gyakoroltak. Az európai régióban 2020-tól csökkent a megbetegedések száma, 2021-ben és 2022-ben nem érte el a tízet az 1 000 000 lakosra vetített, bejelentett esetek aránya. 2023-ban az esetszám már meghaladta a pandémia előtti években nyilvántartottat, 2024-ben pedig 1980 óta nem tapasztalt számú pertussis megbetegedést regisztráltak.

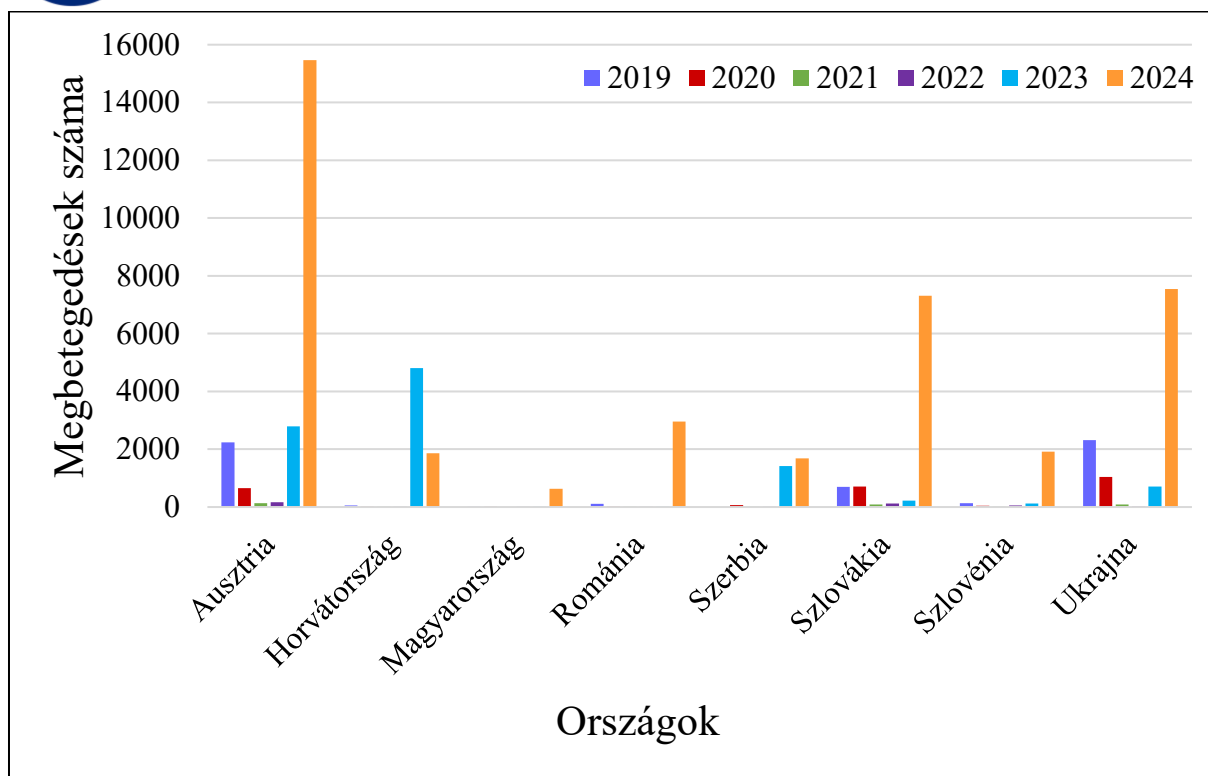
A WHO adatai alapján az európai régióban 2022-ben 6 345 esetet jelentettek, míg 2023-ban 87 558-at. 2024-ben kiugróan magas volt a regisztrált megbetegedések száma (298 131). (4. táblázat). Az európai régióban az 1 000 000 lakosra jutó betegek aránya 1980 óta egyedül 1982-ben közelítette meg a 2024-es értéket, akkor 342,3 volt, 2024-ben pedig 348,4 (World Health Organization, 2025).

4. táblázat. Szamárköhögés esetszámok és bejelentett esetek aránya 1 millió lakosra hazánkban és a WHO Európai Régiójában.

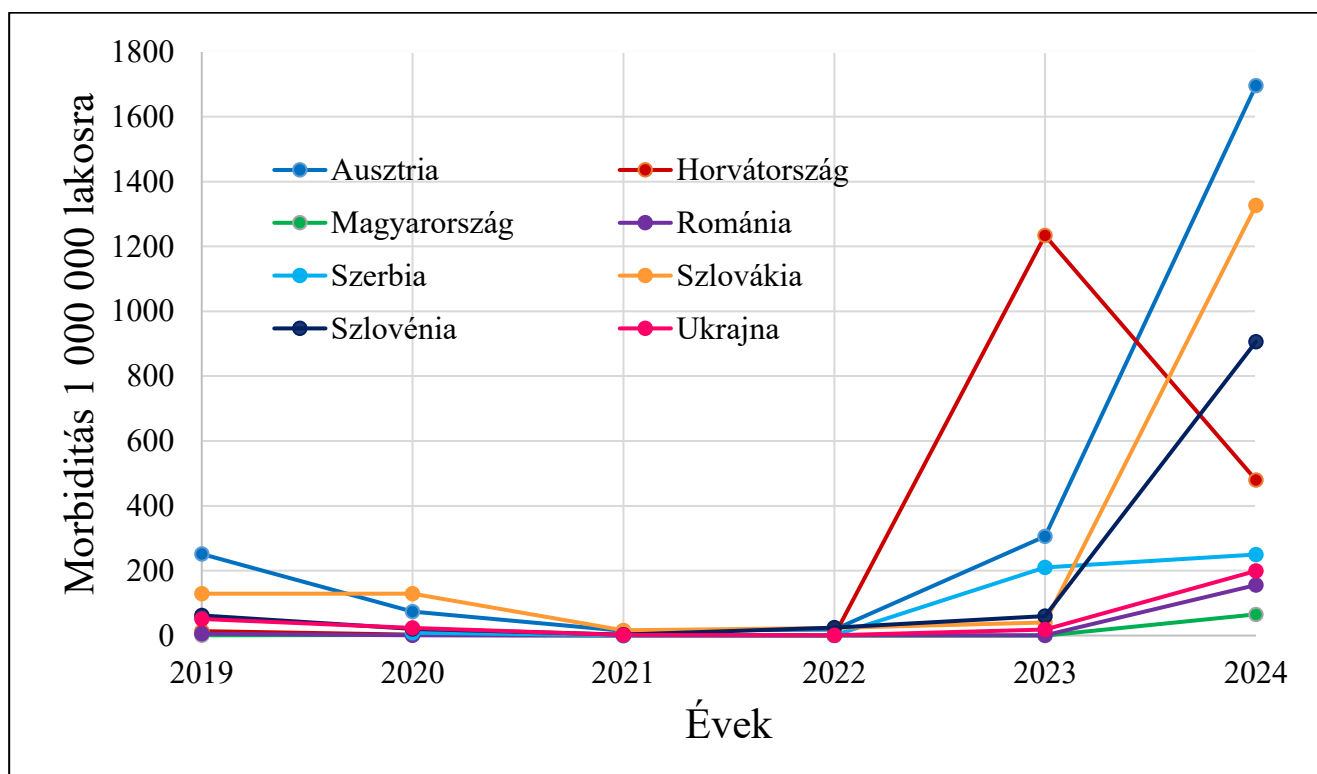
Évek	Magyarország		WHO Európai régió	
	Esetszám	Bejelentett esetek aránya 1 000 000 lakosra	Esetszám	Bejelentett esetek aránya 1 000 000 lakosra
2014	20	2,0	53 213	76,2
2015	6	0,6	50 591	67,1
2016	5	0,5	69 937	81,1
2017	15	1,5	63 129	68,1
2018	23	2,4	57 219	66,1
2019	7	0,7	60 402	74,7
2020	13	1,3	21 903	23,7
2021	0	0,0	2 939	3,4
2022	2	0,2	6 345	6,8
2023	2	0,2	87 558	95,1
2024	632	65,3	298 131	348,4

A környező országokban a COVID-19 pandémiát követően először Szlovéniában tapasztaltak szamárköhögés esetszám-emelkedést 2022-ben (51 eset a korábbi 6-hoz képest). 2023-ban pedig Ausztriában, Horvátországban, Szerbiában és Ukrajnában figyelték meg a pertussis járványos terjedését. 2024-re valamennyi környező országban erőteljes baktérium cirkuláció volt tapasztalható. A jelzett országokban tovább nőtt a megbetegedések száma Horvátország és Szerbia kivételével, míg az előbbinél csökkenés, az utóbbinál stagnálás volt megfigyelhető (2. ábra). 2024-ben, hasonlóan a hazánkban tapasztaltakhoz, azokban az országokban is több beteget jelentettek, ahol 2023-ban nem kezdődött meg a fertőzés járványos terjedése. 2023-ban Horvátországban volt kiugróan magas a bejelentett esetek aránya 1 000 000 lakosra, míg 2024. évben Ausztriában, Szlovákiában és Szlovéniában volt a legmagasabb (3. ábra). Ezekben az országokban a bejelentett esetek aránya 2024-ben meghaladta az európai régió átlagát (348,4 /1 000 000).

Magyarországon az 1 000 000 lakosra jutó esetek száma már a COVID-19 járvány előtt is elmaradt az európai régió átlagától, ennek ellenére a pandémia alatt tapasztalt esetszám csökkenés hazánkban is megfigyelhető volt. 2023-ban még nem, azonban a 2024-es évben már igen jelentősen megnőtt a regisztrált esetek száma. A 2023. évi két megbetegedés után 2024-ben 632 beteg került a fertőzőbeteg nyilvántartásba (4. táblázat), ilyen sok szamárköhögéses beteget utoljára az 1980-as években jelentettek.



2. ábra. Bejelentett pertussis betegek száma hazánkban és a környező országokban 2019-2024 között.



3. ábra. Bejelentett esetek 1 000 000 lakosra jutó aránya hazánkban és a környező országokban 2019-2024 között

A 2023 és a 2024 években tapasztalt nagy esetszám-emelkedés hátterében több tényező együttes hatása feltételezhető, melyek közül a fogékony személyek számának növekedése és a diagnosztikai módszerek fejlődése emelhető ki.

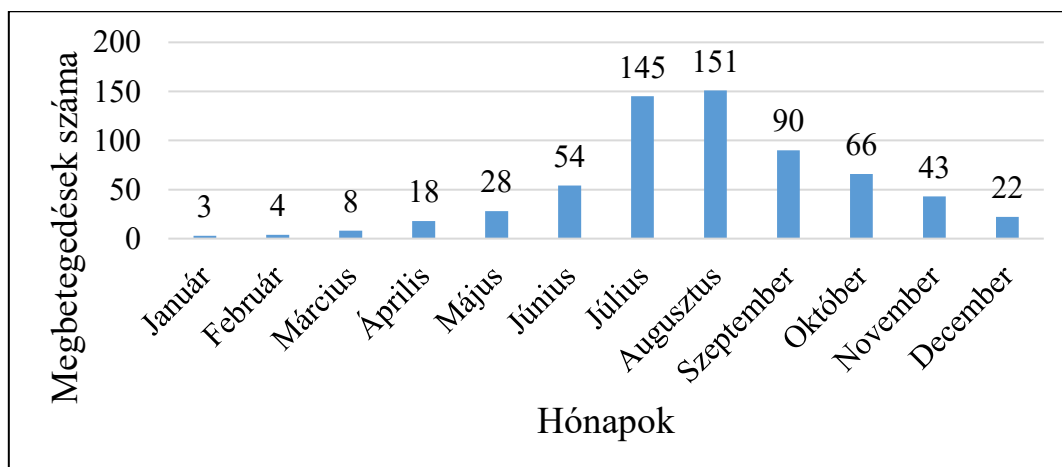
A fogékony személyek számának növekedése mögött két tényező állhat: egyrészt a már említett COVID-19 járvány miatt nem történt meg a populáció újrafertőződése, azaz elmaradt a természetes booster hatás.

Az európai régióban az elmúlt öt évben a DPT3 átoltottság 94-96% között változott (1. ábra). Magyarországon hosszú évek óta 99% felett van az alapimmunizáltak aránya (<https://immunizationdata.who.int/>; https://www.antsz.hu/felso_menu/temaink/jarvany/vedooltasok/Vedooltasok_eves_jelentesek). Az alapimmunizálás és a hazai kötelező ismétlőoltások a csecsemők és kisgyermekes súlyos megbetegedésének kockázatát csökkentik. Ennek megfelelően a gyermekkori védőoltás a felnőttek körében a pertussis járványügyi helyzetét érdemben nem befolyásolja.

A diagnosztikai módszerek között egyre inkább elterjedt a polimeráz láncreakció (PCR) alapú kimutatás, ami nagyobb érzékenységgel és a fertőzést követően hosszabb ideig tudja kimutatni a *B. pertussis* jelenlétét, mint a hagyományos tenyésztés. A tenyésztés érzékenysége a PCR-hez képest 26-85% között változik (Van Der Zee et al., 2015).

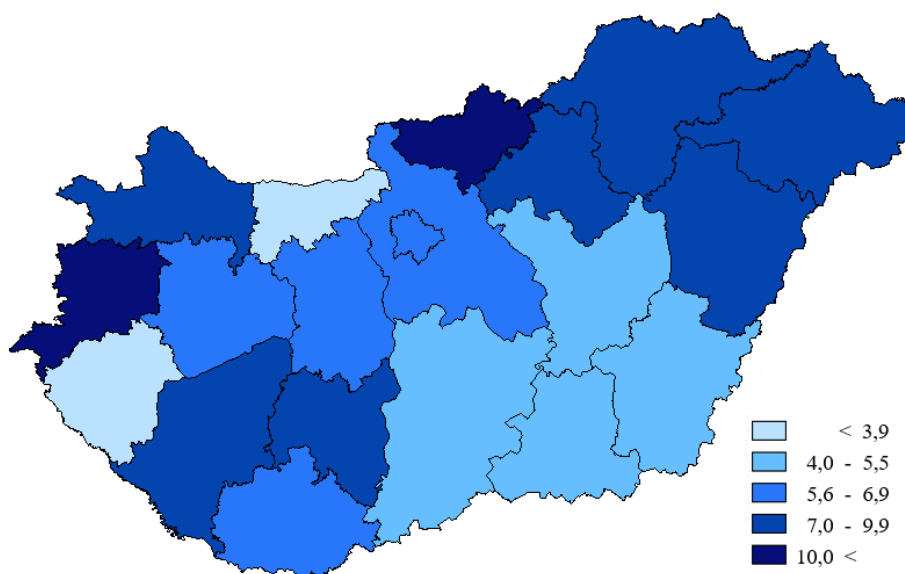
III. A pertussis járványügyi helyzete 2024-ben Magyarországon

2024-ben 632 pertussis megbetegedés került a fertőzőbeteg nyilvántartásba. A morbiditás 6,6‰-nek bizonyult. A fertőzés következtében öt csecsemő halt meg, a mortalitás 0,05‰, a letalitás 0,8% volt. A megbetegedések 80,1%-a június-október hónapokban fordult elő (4. ábra).



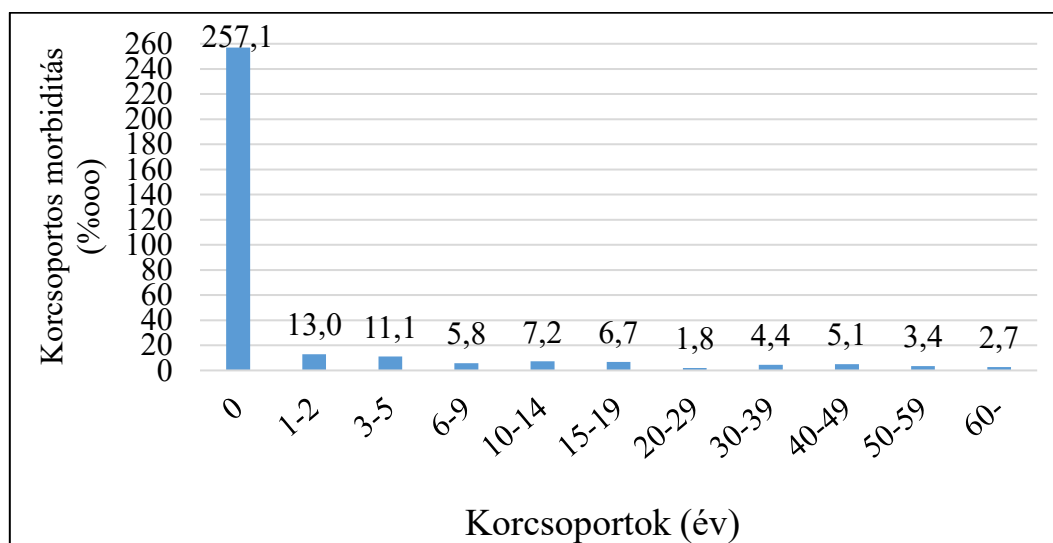
4. ábra. Szamárköhögés okozta megbetegedések száma havonta, 2024-ben Magyarországon (Forrás: NNGYK Járványügyi és Infekciókontroll Főosztály).

Az ország valamennyi területén diagnosztizáltak megbetegedéseket, azonban a területi előfordulásban jelentős eltérések figyelhetők meg. A legtöbb jelentés Budapestről és Pest vármegyéből érkezett, azonban a 100 000 lakosra jutó betegek száma alapján Vas (12 fő) és Nógrád (10 fő) vármegye volt a két legérintettebb terület. A legkevésbé érintett területek Komárom-Esztergom (3 fő) és Zala (4 fő) vármegye voltak. (5. ábra)



5. ábra. Szamárköhögés területi morbiditása 100 000 lakosra, 2024-ben Magyarországon. (Forrás: NNGYK Járványügyi és Infekciókontroll Főosztály).

A betegek 35,4%-a 0 éves (csecsemő) volt, ennek megfelelően az előfordulási gyakoriság közöttük volt a legmagasabb (257,1‰), őket követte az 1-2 évesek (13,0‰) és a 3-5 évesek (11,1‰) morbiditása (6. ábra).



6. ábra. Szamárköhögés okozta megbetegedések korcsoportonként 100 000 lakosra 2024-ben Magyarországon (Forrás: NNGYK Járványügyi és Infekciókontroll Főosztály).

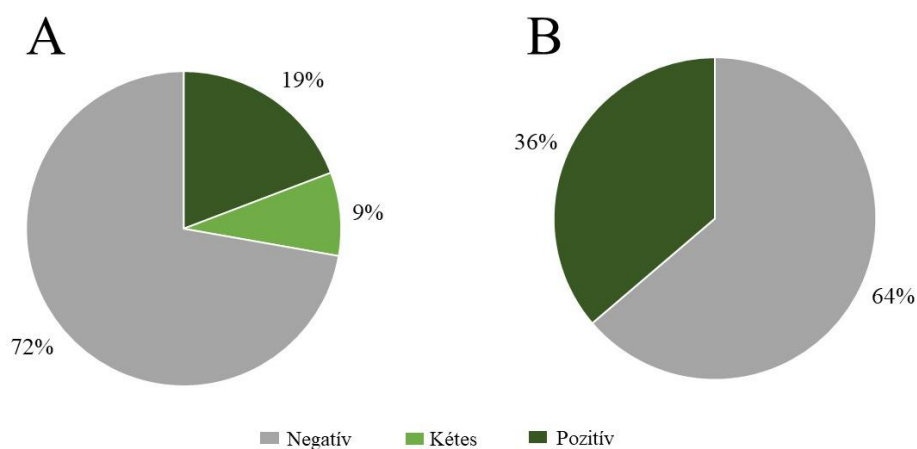
A 632 megbetegedésből 598 volt laboratóriumi vizsgálattal megerősített és 34 megbetegedés minősült valószínűsítettnek. A megerősített esetek 72,6%-a PCR (434 eset), 27,4%-a (164 eset) szerológiai vizsgálattal került megerősítésre.

A járványügyi vizsgálatok eredményeként közölt adatok alapján 110 fő volt oltási koron aluli 2 hónaposnál fiatalabb csecsemő. Az életkorának megfelelően 57 csecsemő kapott egy oltást, 10 fő két oltást, 4 fő három oltást. A 632 fő megbetegedettből egy éves kor felett 35 fő nem részesült pertussis ellen védőoltásban. 157 fő rendelkezett dokumentációval, míg 145 fő csak szóbeli tájékoztatást adott arról, hogy az élete során kapott pertussis elleni védőoltást. 71 betegnél az oltottsági státusz ismeretlen maradt. A 632 beteg közül 230 beteg esetében vált szükségessé kórházi ápolás (36,9%). A betegek 41,9%-a férfi, 58,1%-a nő volt.

Laboratóriumi diagnosztikai eredmények

Az NNGYK Bakteriális légúti kórokozók Nemzeti Referencia Laboratóriumába 2024-ben 2 639 betegtől összesen 3 878 minta érkezett. A 2023-as évben összesen 154 beküldött minta vizsgálata történt. A legtöbb minta a 60 év feletti korosztálytól érkezett, ezt követték az egy év alattiak és a 40-49 évesek. A csecsemők közül a legtöbb beteg 1-3 hónapos korú volt. Legnagyobb arányban (>80%) a csecsemőktől származó minták érkeztek fekvőbeteg ellátásból, az életkor előrehaladtával pedig egyre inkább járóbeteg szakellátásból, és alapellátásból történt a mintaküldés.

A szerológiai vizsgálatra beküldött mintáknál megfigyeltük, hogy sok esetben elmaradt a savópár beküldése. A 2024-ben 2 057 személynél kezdeményeztek szerológiai vizsgálatot, azonban csak 527 esetben érkezett meg a második minta. A savómintákból kapott eredmények a 7. ábrán láthatók.



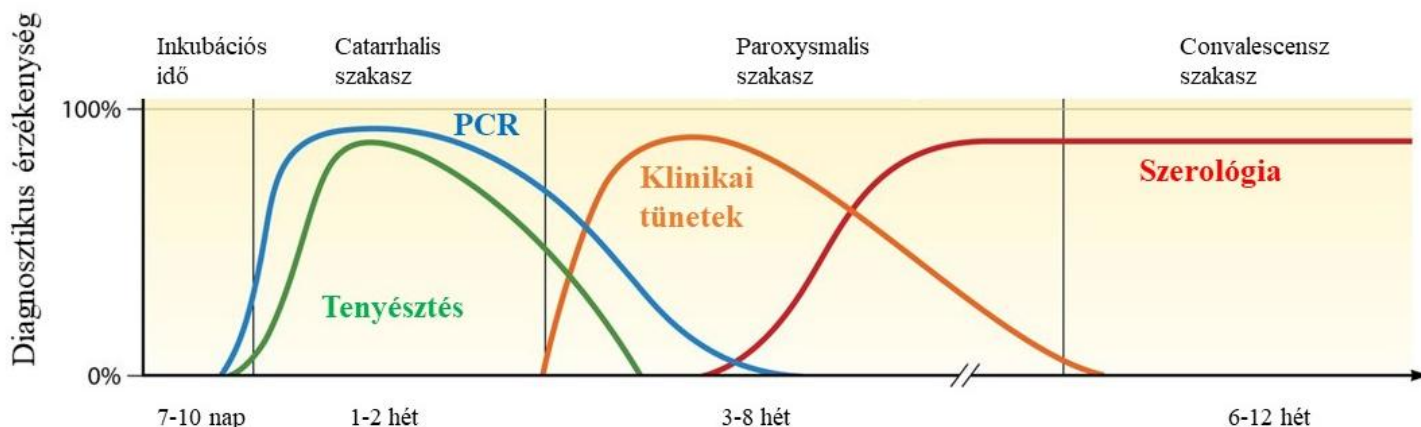
7. ábra. 2024-ben az NNGYK Bakteriális légúti kórokozók Nemzeti Referencia Laboratóriumába érkezett savóminták eredménye: (A) a betegtől csak egy vérminta érkezett (n=1530), (B) diagnózis savópár minták alapján (n=527).

A 18/1998. (VI. 3.) NM rendelet értelmében szerológiai vizsgálat esetén a pertussis laboratóriumi megerősítéséhez savópárra van szükség. Ez magyarázhatja, hogy miért sokkal kevesebb a szerológiai vizsgálattal megerősített eset, mint PCR-rel.

IV. A szamárköhögés laboratóriumi diagnosztikája

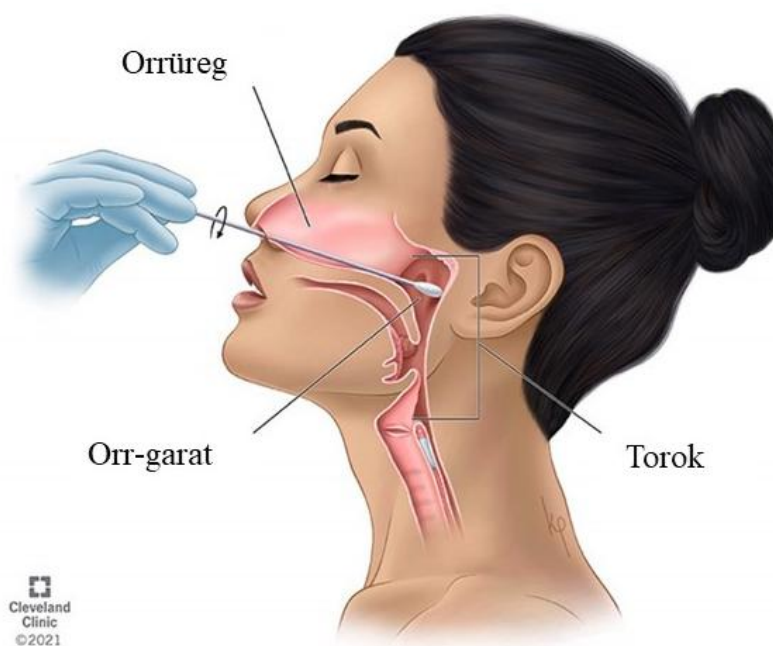
A legfontosabb kérdés, hogy milyen indikációk esetén érdemes és kell a mintát laboratóriumban vizsgálni? Csak a klinikai kritériumoknak megfelelő, tüneteket mutató betegek vizsgálata kötelező, sem felszabadító vizsgálat, sem a tüneteket nem mutató kontakt személyek vizsgálata nem szükséges (18/1998. (VI. 3.) NM rendelet) és nem is javasolt. Továbbá nem lehetséges az oltásból származó védettség vizsgálata sem, mivel az ellenanyagok jelenléte és mennyisége nem arányos a védettség mértékével vagy hiányával (Chen and He, 2017). Ennek két fő oka van: a *Bordetella* fajok nagyfokú hasonlósága miatt a *B. pertussis* diagnosztikája szerológiai módszerrel a pertussis toxin ellen termelt ellenanyagokra épül (European Centre for Disease Prevention and Control, 2022). Bár ez az antigén a vakcinákban is megtalálható, vizsgálata önmagában nem elegendő a védettség mértékének megállapításához. Másrészt a humorális immunválasz mellett a *B. pertussis* elleni védekezésben a sejtes immunválasznak is fontos szerepe van, amit a rutin diagnosztikai módszerekkel szintén nem vizsgálunk (Fedele et al., 2015).

A szamárköhögés diagnosztikája két nagy csoportra különíthető el. Lehetőség van klinikai mintából kimutatni a baktériumot (tenyésztés, nukleinsav kimutatás) vagy a baktérium ellen termelt specifikus ellenanyagokat. A mintavétel időpontja meghatározza, hogy milyen kimutatási eljárás használható (8. ábra). A catarrhalis szakaszban magas a tenyésztés és a nukleinsav kimutatás diagnosztikus érzékenysége, utóbbi még a paroxysmalis szakasz elején (a tünetek megjelenésétől számított 3. hétig) alkalmazható jó érzékenységgel. A tünetek kezdetétől számított 4. héttől vagy a köhögés megjelenése után két héttel az ellenanyagok kimutatása javasolt (European Centre for Disease Prevention and Control, 2022).



8. ábra. Szamárköhögés esetében alkalmazható diagnosztikai eljárások diagnosztikai érzékenysége (van der Zee et al., 2015 nyomán)

A tenyésztés hagyományosan „gold standard” eljárás. Előnye, hogy specificitása 100%, azonban érzékenysége a PCR kimutatáshoz képest alacsonyabb, és több tényező befolyásolja (Dragsted et al., 2004). Ilyen tényezők a beteg oltási státusza (oltatlan csecsemőkben jobb az érzékenység), a mintavétel módja és ideje (a catarrhalis szakasz 1-2. hete a legjobb), illetve a minta szállításának módja és ideje. A tenyésztést nehezíti, hogy a *B. pertussis* egy tápigényes, lassan növő baktérium, primer izolálása akár 12 napot is igénybe vehet. A baktérium izolálása Bordet-Gengou vagy Regan-Lowe táptalajokon lehetséges, a hozzáadott cefalexin növelheti az izolálás sikerességét a normál flóra gátlásával, azonban gátolhatja a *B. holmesii* növekedését is. Fontos, hogy az orrgaratból levett minta (9. ábra) 24 órán belül feldolgozásra kerüljön.



9. ábra. Orrgarat mintavétel módja.

Az orrgarat mintavétel történhet leszívással vagy tamponnal. Az orrgarat helyett szájból levett minta (*oral fluid*) tenyésztésre azonban nem javasolt a kontamináns baktériumok magas száma miatt. Bár a nukleinsav kimutatással szemben a tenyésztés több hátránnyal is rendelkezik (hosszú idő, alacsony érzékenység), mégsem érdemes teljesen elhagyni, mert az így nyert törzsek további vizsgálatokra is alkalmasak, például antibiotikum érzékenység vizsgálatra, genetikai elemzésekre, vagy teljes genom szekvenálásra (van der Zee et al., 2015).

Nukleinsav kimutatásra ugyanolyan orrgarat mintavétel javasolt, mint tenyésztéses kimutatásra (9. ábra), emellett ebben az esetben „*oral fluid*” minta is alkalmas lehet. A nukleinsav kimutatás diagnosztikai érzékenysége a tünetek megjelenését követő 2-3. héten a legmagasabb, de még a 4. héten is alkalmazható. A tenyésztéssel szemben a nukleinsav kimutatás sokkal hamarabb ad eredményt, a minta laboratóriumba érkezéstől akár 24 órán belül (van der Zee et al., 2015). A *B. pertussis* kimutatására használt PCR eljárások szinte kizárólag egy ismétlődő szakasz, az IS481 kimutatásán alapulnak. Ennek előnye, hogy 50-100 kópiában is jelen lehet a *B. pertussis* genomban, így a PCR kellően érzékeny lesz. Hátránya azonban, hogy kisebb kópiaszámban ez a szakasz előfordulhat a *B. holmesii* (8-65 kópia) és a *B. bronchiseptica* (feltehetően törzsek 1-5%-a hordozza) genomjában is (Reischl et al., 2001; Register and Sanden, 2006; Cole et al., 2024). *B. holmesii* elkülöníthető például a hIS1001 szakasz vizsgálatával (Cole et al., 2024), a *B. bronchiseptica* pedig a flagellin gén egy szakaszának vizsgálatával (Hozbor et al., 1999). *B. pertussis* és *B. parapertussis* elkülönítésre az IS1001 ismétlődő elemet szokták használni, ami *B. pertussis* genomban nem található meg (Knorr et al., 2006). Lehetőség van *B. pertussis* specifikus cél molekula, például *ptxS1* (pertussis toxin S1 alegység) használatára, azonban mivel ez csak egy példányban van jelen a genomban alacsonyabb lesz a teszt érzékenysége (Lee et al., 2018). A gyakorlatban legtöbbször megfelelő tanúsítványokkal rendelkező, gyártói multiplex PCR kiteket használunk a *B. pertussis*, *B. parapertussis* és *B. holmesii* elkülönítésére.

Ellenanyag kimutatás leggyakrabban enzimkapcsolt immunszorbens reakció (ELISA) segítségével történik. Az ECDC ajánlása szerint, a *B. pertussis* specifikus szerológiai vizsgálat során a pertussis toxin ellen termelt IgG ellenanyagokat kell kimutatni, ezzel csökkentve a keresztreakciók lehetőségét (European Centre for Disease Prevention and Control., 2022). Több próbálkozás is született arra, hogy meghatározzanak egy határértéket, ami alapján egy vérmintából meg lehet erősíteni a klinikai diagnózist, azonban ezt több tényező is nehezíti: ellenanyagok csak a betegség késői szakaszában keletkeznek (7. ábra), és a beteg életkora és oltási státusza is befolyásolja az eredményt. Éppen ezért oltás után egy éven belül, illetve a

csecsemőknél szerológiai megerősítés nem javasolt, esetükben a PCR vizsgálat lehet megfelelő. Ismeretlen oltási státusz esetén, illetve az IgG eredmény megerősítésére alkalmas lehet anti-pertussis toxin IgA vizsgálata, mivel ezek oltás után nem termelődnek, csak fertőzés esetén (Chen et al., 2023). Az IgA vizsgálata önmagában azonban nem ad elég megbízható eredményt ahhoz, hogy diagnosztikára használható legyen. Egyrészt a tesztek érzékenysége alacsonyabb, mint az IgG kimutatás esetén, másrészt megfigyelték, hogy az anti-pertussis IgA termelés életkorhoz kötött: négy év alatti gyermekekben gyakran nem termelődik, majd az életkor előrehaladtával egyre korábban és nagyobb mennyiségben jelenik meg fertőzés után (Subissi et al., 2020). Annak érdekében, hogy a különböző eredményt befolyásoló faktorok hatását csökkentsük, egy minta vizsgálata helyett savópár vizsgálata elfogadott. A két levett savóminta között minimum két hétnek kell eltelnie, a specifikus anti-pertussis IgG szint 100%-os emelkedése vagy 50%-os csökkenése alapján állapítjuk meg, volt-e fertőzés. Az ELISA vizsgálatokat olyan kereskedelmi forgalomban kapható kittel érdemes végezni, ami kvantitatív, és az eredményt IU/ml (*international unit*) formában kapjuk meg. Így a kapott értékek vizsgálatok között is összehasonlíthatók. Ezenkívül fontos, hogy a teszt tisztított, natív pertussis toxint használjon antigénként (European Centre for Disease Prevention and Control, 2022). Amennyiben a pertussis toxin vizsgálata önmagában nem ad biztos eredményt, lehetőség van több antigén együttes vizsgálatára immunblot módszerrel, azonban ez nem javasolt elsődleges vizsgálatra, mert nem kvantitatív a módszer (EU Pertstrain group et al., 2011).

Magyarországon a számarköhöges laboratóriumi diagnosztikája során a 18/1998. (VI. 3.) NM rendelet alapján kell eljárunk. Eszerint „egy év alatti betegnél pertussis gyanúja esetén minden esetben orrgarat váladék vizsgálata javasolt, amelyet az antibiotikus kezelés megkezdése előtt kell levenni. A betegség gyanúja esetén a parapertussistól és egyéb kórokozók által okozott pertussis syndromától való elkülönítés céljából orrgarat váladék és savópár küldendő az NNGYK-ba. Az első – alvadásgátló nélkül, sterilen vett – vérmintát a gyanú felvetésekor az antibiotikus kezelés megkezdése előtt, a másodikat 4–5 héttel később kell beküldeni. Oltott személy esetén – ha az utolsó védőoltás óta két évnél kevesebb idő telt el – a betegről a betegség kezdetétől számított két héten belül vett orrgarat váladék küldendő be vizsgálatra.”

A PCR vizsgálatokat a hatályos jogszabályok értelmében csak „A járóbeteg-szakellátás és a fekvőbeteg-gyógyintézet szakorvosa járóbeteg-szakellátási tevékenységi körében rendelheti.”, míg az ELISA vizsgálatok alapellátásban is kérhetők. A Nemzeti Népegészségügyi és Gyógyszerészeti Központ az NNGYK/31531-1/2024 iktatószámú körlevélben azt javasolta,

hogy amennyiben alapellátásban merül fel a PCR vizsgálat szükségessége a beteget szakrendelésre kell irányítani, mely egyben szakmai kontrollt is biztosít a tünetek alapján az alapellátásban felvetett pertussis gyanú megalapozottsága tekintetében vagy amennyiben ez nem lehetséges, az illetékes járási/kerületi hivatal küldhet mintát, ami így járványügyi érdekből végzett vizsgálatként kerül elszámolásra.

A vizsgálatok elvégzésére a 18/1998. (VI. 3.) NM rendelet értelmében csak az NNGYK Bakteriális légúti kórokozók Nemzeti Referencia Laboratóriuma jogosult.

Mintavétel, mintaszállítás

Az NNGYK honlapján elérhető a Pertussis mintavételi [útmutató](https://www.nnk.gov.hu/index.php/mikrobiologiai-referencia-laboratoriumi-foosztaly/406-szolgalatasok-es-termek/pertussis-mintaveteli-utmutato/2550-pertussis-mintaveteli-utmutato.html) tartalmazza a legfontosabb információkat. (<https://www.nnk.gov.hu/index.php/mikrobiologiai-referencia-laboratoriumi-foosztaly/406-szolgalatasok-es-termek/pertussis-mintaveteli-utmutato/2550-pertussis-mintaveteli-utmutato.html>)

1. Mintavételi eljárás nukleinsav kimutatásra

PCR vizsgálattal történő direkt kórokozó kimutatásra orrgarat minta beküldését kérjük (torokváladék nem alkalmas). A mintavevőt a kiszáradás megelőzése érdekében kis mennyiségű steril fiziológiás sóoldatba kell helyezni. Szintetikus, például Dacron tampon használata szükséges, a pamutból vagy kalcium-alginátból készült tamponok nem alkalmasak a PCR vizsgálathoz. Kefés tamponokkal növelhető a mintavétel hatékonysága. A klinikai képtől függően nasopharyngeális aspirátum, mosófolyadék is alkalmas lehet a kórokozó kimutatására. PCR vizsgálatra zselés transzport médiumban beküldött minta nem alkalmas! A PCR vizsgálatra levett minta hűtve (4°C) szállítandó. A mintákat lehetőleg 24 órán belül el kell juttatni a vizsgáló laboratóriumba. Amennyiben 24-48 órán belül a minta nem jut el a laboratóriumba, akkor le kell fagyasztani (-20°C).

2. Mintavétel tenyésztéses vizsgálatra

Az orrgarat mintát Amies szemes (vagy, ha elérhető Reagan Lowe) transzport táptalajba, az antibiotikum kezelés megkezdése előtt kell levenni. Tenyésztésre a mintatárolást és szállítást szobahőmérsékleten kell végezni, és a mintát 24 órán belül a vizsgáló laboratóriumba kell juttatni. A 48 óránál hosszabb tárolási és szállítási idő a tenyésztést negatívan befolyásolja.

3. Mintavétel szerológiai vizsgálatra

A szerológiai vizsgálatokhoz alvadésgátló nélkül, sterilen vett vérminta szükséges. Amennyiben a minta szállítása két napon belül nem történik meg, centrifugálás után a savó öt napig 4-8°C-on tárolható, ennél hosszabb szállítási idő esetén pedig -20°C-ra fagyasztandó.



A mintához mellékelt vizsgálatkérő lapon fontos feltüntetni a betegség kezdetét, az aktuális klinikai tüneteket és az esetlegesen alkalmazott terápiát. Emellett fontos a beteg utolsó oltásának időpontja, illetve az is, hogy a minta a tárolás során volt-e fagyasztva. Ezek az információk szükségesek az eredmények megfelelő interpretálásához. Az NNGYK honlapján a mintabeküldéshez szükséges Általános bakteriológiai [vizsgálatkérő lap](#) is elérhető.

Irodalomjegyzék

- Bart, M. J., Harris, S. R., Advani, A., Arakawa, Y., Bottero, D., Bouchez, V., Cassidy, P. K., Chiang, C.-S., Dalby, T., Fry, N. K., Gaillard, M. E., Van Gent, M., Guiso, N., Hallander, H. O., Harvill, E. T., He, Q., Van Der Heide, H. G. J., Heuvelman, K., Hozbor, D. F., ... Mooi, F. R. (2014). Global Population Structure and Evolution of *Bordetella pertussis* and Their Relationship with Vaccination. *mBio*, 5(2), e01074-14. <https://doi.org/10.1128/mBio.01074-14>
- Belcher, T., Dubois, V., Rivera-Millot, A., Loch, C., & Jacob-Dubuisson, F. (2021). Pathogenicity and virulence of *Bordetella pertussis* and its adaptation to its strictly human host. *Virulence*, 12(1), 2608–2632. <https://doi.org/10.1080/21505594.2021.1980987>
- Bouchez, V., Hegerle, N., Strati, F., Njamkepo, E., & Guiso, N. (2015). New Data on Vaccine Antigen Deficient *Bordetella pertussis* Isolates. *Vaccines*, 3(3), 751–770. <https://doi.org/10.3390/vaccines3030751>
- Bridel, S., Bouchez, V., Brancotte, B., Hauck, S., Armatys, N., Landier, A., Mühle, E., Guillot, S., Toubiana, J., Maiden, M. C. J., Jolley, K. A., & Brisse, S. (2022). A comprehensive resource for *Bordetella* genomic epidemiology and biodiversity studies. *Nature Communications*, 13(1), 3807. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-31517-8>
- Cai, J., Liu, Q., Chen, B., Jiang, Y., Zeng, X., Huang, J., Lin, D., Li, H., Zhang, J., Zhuo, Z., Zhang, Y., Lv, P., Wang, Q., Zhang, W., Chen, M., & Zeng, M. (2025). Waning immunity, prevailing non-vaccine type ptxP3 and macrolide-resistant strains in the 2024 pertussis outbreak in China: A multicentre cross-sectional descriptive study. *The Lancet Regional Health: Western Pacific*, 60, 101628. <https://doi.org/10.1016/j.lanwpc.2025.101628>
- Chen, Z., & He, Q. (2017). Immune persistence after pertussis vaccination. *Human Vaccines & Immunotherapeutics*, 13(4), 744–756. <https://doi.org/10.1080/21645515.2016.1259780>
- Chen, Z., Liu, X., Zhang, Y., Peng, X., Zhang, N., Chen, N., Li, Y., & He, Q. (2023). Evaluation of serum anti-pertussis toxin IgA antibodies for the diagnosis of *Bordetella pertussis* infection in young children. *Journal of Infection and Public Health*, 16(8), 1167–1173. <https://doi.org/10.1016/j.jiph.2023.05.028>
- Cole, M., Simon, A. K., Faulkner, A., Skoff, T., Tondella, M. L., Montero, C., Nye, M. B., & Williams, M. (2024). Comparison of *Bordetella* species identification among differing rt-PCR assays in the United States. *Microbiology Spectrum*, 12(8), e00783-24. <https://doi.org/10.1128/spectrum.00783-24>
- Craig, R., Kunkel, E., Crowcroft, N. S., Fitzpatrick, M. C., De Melker, H., Althouse, B. M., Merkel, T., Scarpino, S. V., Koelle, K., Friedman, L., Arnold, C., & Bolotin, S. (2020). Asymptomatic Infection and Transmission of Pertussis in Households: A Systematic Review. *Clinical Infectious Diseases*, 70(1), 152–161. <https://doi.org/10.1093/cid/ciz531>
- Dias, W. O., van der Ark, A. A. J., Sakauchi, M. A., Kubrusly, F. S., Prestes, A. F. R. O., Borges, M. M., Furuyama, N., Horton, D. S. P. Q., Quintilio, W., Antoniazi, M., Kuipers, B., van der Zeijst, B. A. M., & Raw, I. (2013). An improved whole cell pertussis vaccine with reduced content of endotoxin. *Human Vaccines & Immunotherapeutics*, 9(2), 339–348. <https://doi.org/10.4161/hv.22847>
- Domenech De Cellès, M., Magpantay, F. M. G., King, A. A., & Rohani, P. (2016). The pertussis enigma: Reconciling epidemiology, immunology and evolution. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 283(1822), 20152309. <https://doi.org/10.1098/rspb.2015.2309>

- Domenech de Cellès, M., & Rohani, P. (2024). Pertussis vaccines, epidemiology and evolution. *Nature Reviews Microbiology*, 22(11), 722–735. <https://doi.org/10.1038/s41579-024-01064-8>
- Dorji, D., Mooi, F., Yantorno, O., Deora, R., Graham, R. M., & Mukkur, T. K. (2018). *Bordetella pertussis* virulence factors in the continuing evolution of whooping cough vaccines for improved performance. *Medical Microbiology and Immunology*, 207(1), 3–26. <https://doi.org/10.1007/s00430-017-0524-z>
- Dragsted, D. M., Dohn, B., Madsen, J., & Jensen, J. S. (2004). Comparison of culture and PCR for detection of *Bordetella pertussis* and *Bordetella parapertussis* under routine laboratory conditions. *Journal of Medical Microbiology*, 53(8), 749–754. <https://doi.org/10.1099/jmm.0.45585-0>
- EU Pertstrain group, Guiso, N., Berbers, G., Fry, N. K., He, Q., Riffelmann, M., & Wirsing Von König, C. H. (2011). What to do and what not to do in serological diagnosis of pertussis: Recommendations from EU reference laboratories. *European Journal of Clinical Microbiology & Infectious Diseases*, 30(3), 307–312. <https://doi.org/10.1007/s10096-010-1104-y>
- European Centre for Disease Prevention and Control. (2022). Laboratory diagnosis and molecular surveillance of *Bordetella pertussis*: Recommendations from ECDC. Publications Office. <https://data.europa.eu/doi/10.2900/35054>
- European Centre for Disease Prevention and Control. (2024). Increase of pertussis cases in the EU/EEA: 8 May 2024. Publications Office. <https://data.europa.eu/doi/10.2900/831122>
- Fedele, G., Bianco, M., & Ausiello, C. M. (2013). The Virulence Factors of *Bordetella pertussis*: Talented Modulators of Host Immune Response. *Archivum Immunologiae et Therapiae Experimentalis*, 61(6), 445–457. <https://doi.org/10.1007/s00005-013-0242-1>
- Fedele, G., Cassone, A., Ausiello, C.M., 2015. T-cell immune responses to *Bordetella pertussis* infection and vaccination. *Pathog Dis* 73, ftv051. doi:10.1093/femspd/ftv051
- Gross, R., Keidel, K., & Schmitt, K. (2010). Resemblance and divergence: The “new” members of the genus *Bordetella*. *Medical Microbiology and Immunology*, 199(3), 155–163. <https://doi.org/10.1007/s00430-010-0148-z>
- Hozbor, D., Fouque, F., & Guiso, N. (1999). Detection of *Bordetella bronchiseptica* by the polymerase chain reaction. *Research in Microbiology*, 150(5), 333–341. [https://doi.org/10.1016/S0923-2508\(99\)80059-X](https://doi.org/10.1016/S0923-2508(99)80059-X)
- Hua, C.-Z., He, H.-Q., & Shu, Q. (2024). Resurgence of pertussis: Reasons and coping strategies. *World Journal of Pediatrics*, 20(7), 639–642. <https://doi.org/10.1007/s12519-024-00821-2>
- Keech, C., Miller, V. E., Rizzardi, B., Hoyle, C., Pryor, M. J., Ferrand, J., Solovay, K., Thalen, M., Noviello, S., Goldstein, P., Gorringer, A., Cavell, B., He, Q., Barkoff, A.-M., Rubin, K., & Locht, C. (2023). Immunogenicity and safety of BPZE1, an intranasal live attenuated pertussis vaccine, versus tetanus-diphtheria-acellular pertussis vaccine: A randomised, double-blind, phase 2b trial. *Lancet (London, England)*, 401(10379), 843–855. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(22\)02644-7](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(22)02644-7)
- Knorr, L., Fox, J. D., Tilley, P. A., & Ahmed-Bentley, J. (2006). Evaluation of real-time PCR for diagnosis of *Bordetella pertussis* infection. *BMC Infectious Diseases*, 6(1), 62. <https://doi.org/10.1186/1471-2334-6-62>
- Lee, A. D., Cassidy, P. K., Pawloski, L. C., Tatti, K. M., Martin, M. D., Briere, E. C., Tondella, M. L., Martin, S. W., & on behalf of the Clinical Validation Study Group. (2018). Clinical evaluation and validation of laboratory methods for the diagnosis of *Bordetella pertussis* infection: Culture, polymerase chain reaction (PCR) and anti-pertussis toxin IgG serology (IgG-PT). *PLOS ONE*, 13(4), e0195979. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0195979>

- Lin, B., Ivanov, Y. V., Preston, A., Brinkac, L., Parkhill, J., Kim, M., Harris, S. R., Goodfield, L. L., Fry, N. K., Gorringe, A. R., Nicholson, T. L., Register, K. B., Losada, L., & Harvill, E. T. (2016). Acquisition and loss of virulence-associated factors during genome evolution and speciation in three clades of *Bordetella* species. *BMC Genomics*, 17(1), 767. <https://doi.org/10.1186/s12864-016-3112-5>
- Liu, Y., Yu, D., Wang, K., & Ye, Q. (2024). Global resurgence of pertussis: A perspective from China. *Journal of Infection*, 89(5), 106289. <https://doi.org/10.1016/j.jinf.2024.106289>
- Locht, C. (2025). Pertussis before, during and after Covid-19. *EMBO Molecular Medicine*, 17(4), 594–598. <https://doi.org/10.1038/s44321-025-00199-2>
- Miettinen, M., Barkoff, A.-M., Nyqvist, A., Savolainen-Kopra, C., Antikainen, J., Mertsola, J., Ivaska, L., & He, Q. (2024). Macrolide-resistant *Bordetella pertussis* strain identified during an ongoing epidemic, Finland, January to October 2024. *Eurosurveillance*, 29(49), 2400765. <https://doi.org/10.2807/1560-7917.ES.2024.29.49.2400765>
- Miguelena Chamorro, B., De Luca, K., Swaminathan, G., Longet, S., Mundt, E., & Paul, S. (2023). *Bordetella bronchiseptica* and *Bordetella pertussis*: Similarities and Differences in Infection, Immuno-Modulation, and Vaccine Considerations. *Clinical Microbiology Reviews*, 36(3), e00164-22. <https://doi.org/10.1128/cmr.00164-22>
- Nemzeti Népegészségügyi és Gyógyszerészeti Központ (2025) Módszertani levél a 2025.évi védőoltásokról. <https://www.nnk.gov.hu/index.php/jarvanyugy/modszertani-levelek/2790-2025-az-nngyk-modszertani-levele-a-2025-evi-vedooltasokrol.html>
- Országos Epidemiológiai Központ (2005) A "Johan Béla" Országos Epidemiológiai Központ módszertani levele a 2006. évi védőoltásokról. *Epinfo*, 13 (1. különszám) <https://nnk.gov.hu/index.php/jarvanyugy/epinfo-kiadvany/category/326-2006.html> (Honlap_VML2006).
- Otsuka, N., Han, H.-J., Toyozumi-Ajisaka, H., Nakamura, Y., Arakawa, Y., Shibayama, K., & Kamachi, K. (2012). Prevalence and Genetic Characterization of Pertactin-Deficient *Bordetella pertussis* in Japan. *PLoS ONE*, 7(2), e31985. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0031985>
- Parisi, A., Nuñez, O., López-Perea, N., & Masa-Calles, J. (2024). Reduced pertussis disease severity in infants following the introduction of pertussis vaccination of pregnant women in Spain, 2015–2019. *Vaccine*, 42(11), 2810–2816. <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2024.03.028>
- Parkhill, J., Sebaihia, M., Preston, A., Murphy, L. D., Thomson, N., Harris, D. E., Holden, M. T. G., Churcher, C. M., Bentley, S. D., Mungall, K. L., Cerdeño-Tárraga, A. M., Temple, L., James, K., Harris, B., Quail, M. A., Achtman, M., Atkin, R., Baker, S., Basham, D., ... Maskell, D. J. (2003). Comparative analysis of the genome sequences of *Bordetella pertussis*, *Bordetella parapertussis* and *Bordetella bronchiseptica*. *Nature Genetics*, 35(1), 32–40. <https://doi.org/10.1038/ng1227>
- Pawloski, L. C., Queenan, A. M., Cassiday, P. K., Lynch, A. S., Harrison, M. J., Shang, W., Williams, M. M., Bowden, K. E., Burgos-Rivera, B., Qin, X., Messonnier, N., & Tondella, M. L. (2014). Prevalence and molecular characterization of pertactin-deficient *Bordetella pertussis* in the United States. *Clinical and Vaccine Immunology: CVI*, 21(2), 119–125. <https://doi.org/10.1128/CVI.00717-13>
- Payne, M., Xu, Z., Hu, D., Kaur, S., Octavia, S., Sintchenko, V., & Lan, R. (2023). Genomic epidemiology and multilevel genome typing of *Bordetella pertussis*. *Emerging Microbes & Infections*. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/22221751.2023.2239945>
- Preston, N. W. (1976). Prevalent serotypes of *Bordetella pertussis* in non-vaccinated communities. *The Journal of Hygiene*, 77(1), 85–91. <https://doi.org/10.1017/s0022172400055546>

- Register, K. B., & Sanden, G. N. (2006). Prevalence and Sequence Variants of IS481 in *Bordetella bronchiseptica*: Implications for IS481-Based Detection of *Bordetella pertussis*. *Journal of Clinical Microbiology*, 44(12), 4577–4583. <https://doi.org/10.1128/JCM.01295-06>
- Reischl, U., Lehn, N., Sanden, G. N., & Loeffelholz, M. J. (2001). Real-Time PCR Assay Targeting IS481 of *Bordetella pertussis* and Molecular Basis for Detecting *Bordetella holmesii*. *Journal of Clinical Microbiology*, 39(5), 1963–1966. <https://doi.org/10.1128/JCM.39.5.1963-1966.2001>
- Rodrigues, C., Bouchez, V., Soares, A., Trombert-Paolantoni, S., Belghiti, F. A. E., Cohen, J. F., Armatys, N., Landier, A., Blanchot, T., Hervu, M., Group, R. study, Toubiana, J., & Brisse, S. (2024). Resurgence of *Bordetella pertussis*, including one macrolide-resistant isolate, France, 2024. *Eurosurveillance*, 29(31), 2400459. <https://doi.org/10.2807/1560-7917.ES.2024.29.31.2400459>
- Schmidtke, A. J., Boney, K. O., Martin, S. W., Skoff, T. H., Tondella, M. L., & Tatti, K. M. (2012). Population Diversity among *Bordetella pertussis* Isolates, United States, 1935–2009. *Emerging Infectious Diseases*, 18(8), 1248–1255. <https://doi.org/10.3201/eid1808.120082>
- Subissi, L., Rodeghiero, C., Martini, H., Litzroth, A., Huygen, K., Leroux-Roels, G., Piérard, D., Desombere, I., 2020. Assessment of IgA anti-PT and IgG anti-ACT reflex testing to improve *Bordetella pertussis* serodiagnosis in recently vaccinated subjects. *Clinical Microbiology and Infection* 26, 645.e1–645.e8. doi:10.1016/j.cmi.2019.10.001
- Szwejszer-Zawislak, E., Wilk, M. M., Piszczek, P., Krawczyk, J., Wilczyńska, D., & Hozbor, D. (2022). Evaluation of Whole-Cell and Acellular Pertussis Vaccines in the Context of Long-Term Herd Immunity. *Vaccines*, 11(1), 1. <https://doi.org/10.3390/vaccines11010001>
- Tróbert-Sipos D., Pék T., Kulcsár A., Farkas F. B., & Szabó A. (2024). Javaslatok és megfontolások a magyarországi pertussis esetszám-növekedéssel összefüggésben. *Orvosi Hetilap*, 165(34), 1307–1318. <https://doi.org/10.1556/650.2024.33127>
- Van Der Zee, A., Schellekens, J. F. P., & Mooi, F. R. (2015). Laboratory Diagnosis of Pertussis. *Clinical Microbiology Reviews*, 28(4), 1005–1026. <https://doi.org/10.1128/CMR.00031-15>
- van der Zee, A., Schellekens, J. F. P., & Mooi, F. R. (2015). Laboratory Diagnosis of Pertussis. *Clinical Microbiology Reviews*, 28(4), 1005–1026. <https://doi.org/10.1128/cmr.00031-15>
- Wang, P., Ramadan, S., Dubey, P., Deora, R., & Huang, X. (2022). Development of carbohydrate based next-generation anti-pertussis vaccines. *Bioorganic & medicinal chemistry*, 74, 117066. <https://doi.org/10.1016/j.bmc.2022.117066>
- World Health Organization (2015) Pertussis vaccines: WHO position paper. *Weekly Epidemiological Record*, 90(35), 433–460. <https://www.who.int/publications/i/item/WHO-WER9035>
- World Health Organization (2025) The global health observatory - Pertussis - number of reported cases. <https://www.who.int/data/gho/data/indicators/indicator-details/GHO/pertussis-number-of-reported-cases> (letöltve: 2025.12.02.)
- Zhou, G., Li, Y., Wang, H., Wang, Y., Gao, Y., Xu, J., Wang, F., Peng, T., Zhang, M., & Shao, Z. (2024). Emergence of Erythromycin-Resistant and Pertactin- and Filamentous Hemagglutinin-Deficient *Bordetella pertussis* Strains—Beijing, China, 2022–2023. *China CDC Weekly*, 6(20), 437–441. <https://doi.org/10.46234/ccdcw2024.085>