

# OBECNÁ EPIDEMIOLOGIE

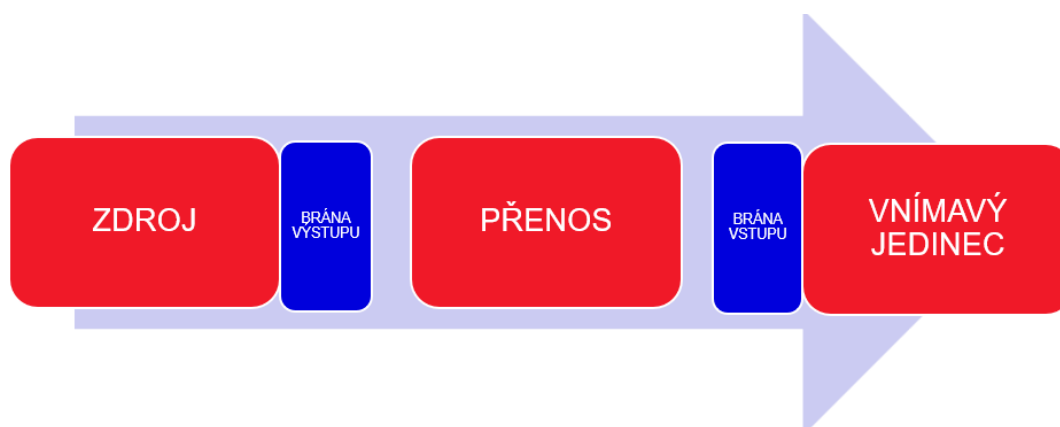
## PROCES ŠÍŘENÍ NÁKAZY

### Studijní text pro výuku epidemiologie infekčních nákaz

Autor: MUDr. Bohdana Rezková, Ph.D.

Ústav veřejného zdraví LF MU

Proces šíření nákazy nebo také epidemický řetězec (angl. chain of infection) popisuje základní podmínky umožňující šíření nákaz (články epidemického řetězce), jimiž jsou **zdroj**, **přenos**, **vnímavý jedinec**. Rozšířená verze může být doplněna ještě o termíny brána výstupu a brána vstupu (Obr. 1). Případně je do řetězce zařazen také původce.



Obr. 1 – Proces šíření nákazy

### Zdroj nákazy

Zdroj nákazy je definován jako prostředí (živé nebo neživé), ve kterém nebo na kterém infekční agens žije, roste, množí se a na kterém závisí jeho přežití v přírodě<sup>1</sup>. Zdrojem nákazy je nejčastěji živý organismus – člověk nebo zvíře v období nakažlivosti. Neživé prostředí (voda, půda) se jako zdroj nákazy uplatňuje pouze u osob s oslabenou imunitou. Například voda může být zdrojem bakterií legionel, půda netuberkulózních mykobakterií.

---

<sup>1</sup> V některých epidemiologických konceptech je jako zdroj označen prostředek přenosu (vzduch, potravina, voda) a zdroj ve významu uvedeném shora (živý organismus, neživé prostředí vylučující původce nákazy) je označován jako rezervoár.

Živý organismus je zdrojem nákazy v tzv. **období nakažlivosti**. Tento interval často začíná již koncem inkubační doby, kdy je nakažený jedinec dosud bez typických příznaků, a tedy nepoznaným zdrojem nákazy. Tato část období nakažlivosti (před projevením příznaků) je závažná z toho důvodu, že infekce se může z nepoznaného zdroje šířit nekontrolovaně na další osoby. Délka období nakažlivost je typická pro dané onemocnění a významně souvisí také se stavem imunitního systému nakaženého. Protrahované období nakažlivost bývá časté u dětí a u chronicky nebo závažně nemocných. U některých onemocnění přetrvává nakažlivost i v rekonvalescenci. Znalost období nakažlivost je klíčová pro vytyčení okruhu kontaktů se zdrojem nákazy při epidemiologickém šetření v ohnisku nákazy.

Jako **nosičství infekce** označujeme déletrvající stav, kdy člověk nebo zvíře bez příznaků infekce ve svých tkáních přechovává původce nákazy, vylučuje jej a je tak potenciálním zdrojem nákazy pro vnímavé jedince. Vylučování původce nákazy může být pravidelné nebo intermitentní. Nosičství je typické u chronických nákaz (hepatitidy B a C). Znám je ale také stav označovaný termínem **zdravý nosič**, kdy původce nákazy pouze kolonizuje tělo jedince - nosiče bez poškození tkání hostitele (např. nosičství *Samonella typhi* ve střeve a žlučníku nebo *Staphylococcus aureus* v nosních dutinách, meningokoků v dýchacích cestách). Diagnostikovaní nosiči epidemiologicky významných nákaz jsou v mnoha zemích povinni podrobit se protiepidemickým opatřením, aby se zamezilo šíření nákazy na další osoby. V České republice se zákonem stanovená opatření<sup>2</sup> vztahují na osoby vylučující původce břišního tyfu a paratyfu a osoby s chronickým onemocněním virovým zánětem jater B a C.

## **Přenos**

Přenos infekčního agens ze zdroje na vnímavého jedince může probíhat různými způsoby. Je ovlivněn charakteristikami původce (např. odolnost k podmínkám prostředí), bránami výstupu a vstupu, a vnějšími okolnostmi (klimatické faktory, přítomnost přenašeče apod.).

**Brána výstupu** označuje cestu, kterou infekční agens opouští tělo hostitele a obvykle odpovídá místu, kde je infekční proces lokalizován. Například viry chřipky a *Mycobacterium tuberculosis* opouštějí dýchací cesty, pro *Schistosoma haematobium* (původce močové schistozomózy) je bránou výstupu moč, pro *Vibrio cholerae* výkaly, pro *Sarcoptes scabiei* (původce svrabu) kožní léze. Brána výstupu souvisí také s infekčností nákazy. Např. stolice

---

<sup>2</sup> Opatření proti šíření infekčních onemocnění fyzickými osobami, které vylučují choroboplodné zárodky stanovené Zákonem o ochraně veřejného zdraví č. 258/2000 Sb. v aktuálním znění.

nakaženého noroviry (původci průjmů) obsahuje  $10^9$ - $10^{11}$  virionů/ml, přitom k nákaze postačí pouze stovky.

**Brána vstupu** pak označuje způsob, jakým patogen vstupuje do vnímavého hostitele.

Podmínkou je, že vstupní brána musí umožnit přístup do tkání, v nichž se patogen může množit nebo v nichž může působit jeho toxin. Jedná se o pět povrchů – kůže, sliznice dýchacího, trávicího, pohlavního ústrojí a oční spojivka. Původce infekce často používá ke vstupu do nového hostitele stejnou cestu, jakou použil k výstupu ze zdrojového hostitele. Například virus chřipky opouští dýchací cesty zdrojového hostitele a vstupuje do dýchacích cest nového hostitele. Naproti tomu mnoho původců gastroenteritid využívá tzv. **přenos fekálně-orální**, protože opouštějí zdrojového hostitele ve výkalech, jsou přenášeny na nedostatečně umytých rukou na prostředek přenosu, jako je jídlo, voda nebo nádoby, a do nového hostitele se dostávají ústy. Souvisí to pochopitelně s převážně jednosměrným posunem obsahu gastrointestinální soustavy. Někteří původci infekcí využívají sliznice či tkáně ve vstupní bráně pouze k pomnožení a do vzdáleného, tzv. cílového orgánu se dostávají až po překonání obrany těla, např. podél nervových vláken (virus vztekliny) nebo nejčastěji krví, v rámci primární virémie. Takto např. vstupuje do těla virus žloutenky typu A, který se přenáší fekálně-orální cestou. Bránou vstupu je pro něj sliznice gastrointestinálního traktu, kde se virus pomnoží a proniká do krve. Krví je virus zanesen do jater, kde napadá jaterní buňky. K poškození jater poté dochází v rámci imunitní reakce, sám virus není cytopatický. Virus se potom se žlučí dostává zpět do střev a je vylučován stolicí. S tímto dvoufázovým vstupem viru do těla hostitele a posléze do cílové tkáně souvisí i poměrně dlouhá inkubační doba onemocnění (15-50 dní).

### **Základní dělení přenosu:**

- přenos přímý
- přenos nepřímý

**Přímý přenos** je definován jako přímý a bezprostřední přenos infekčního agens z brány výstupu infikovaného jedince do vhodné brány vstupu nového hostitele. Charakteristická je současná přítomnost zdroje a vnímavého jedince v daném místě a v daný čas. Mezi přenos přímý řadíme přenos:

- z matky na dítě (vertikální přenos)
- kapénkami
- kontaktem (kůže, sliznice, např. přenos pohlavním stykem)

- poraněním zvířetem

Jako **vertikální přenos** označujeme specifický přenos nákazy z matky na plod (transplacentárně) nebo na dítě během porodu (perinatálně), případně postnatálně mateřským mlékem. V tomto kontextu je pak přenos mezi jedinci v populaci označován jako **horizontální**.

**Nepřímý přenos** je definován jako přenos, ke kterému dochází nezávisle na zdroji nákazy a který je zprostředkován prostředky, též vehikuly nákazy. Předpokladem tohoto způsobu přenosu je vyšší odolnost původce nákazy k podmínkám zevního prostředí. Jako prostředky přenosu se mohou uplatnit:

- Vzduch (vzdušný přenos)
- Hmyz (vektorový přenos)
- Potraviny (alimentární přenos)
- Voda
- Předměty a kontaminované povrchy
- Půda
- Biologický materiál (např. stolice – fekálně-orální přenos, krev - parenterální přenos)

**Vzdušný přenos** je nepřímý přenos, kdy se původce nákazy šíří vzduchem (aerosolem, prachem) pomocí vzdušných proudů. K tomu dochází, např. když drobné kontaminované kapénky aerosolu (velikost částic  $<5 \mu\text{m}$ ) vzniklé při kýchní nakaženého jedince ve vzduchu zasychají a tzv. jádra kapének obsahující původce infekce se vzhledem ke své nízké hmotnosti mohou dál vznášet v ovzduší i na delší vzdálenost od zdroje infekce. Směr a sílu k pohybu jim tedy neudává zdroj, jako je tomu u kapénkového přenosu. Tento typ přenosu se uplatňuje zejména ve vnitřních prostorách budov, obecně v uzavřených prostorách a u původců odolných k vyschnutí a s nízkou infekční dávkou. Riziko šíření aerosolu v ovzduší je vyšší při nízké vlhkosti vzduchu (např. ve vytápěných prostorách). Přenos aerosolem je typický pro spalničky nebo plané neštovice a může se uplatnit i u některých virových respiračních nákaz (COVID-19). Přenos zvířeným prachem je znám např. u tuberkulózy, plicní formy antraxu nebo hantavirů.

Rozlišení vzdušného a kapénkového přenosu má význam epidemiologický. Například při epidemiologickém šetření v ohnisku nákazy s možností přenosu infekce vzdušnou cestou (přenos nepřímý) se tímto rozšiřuje okruh osob-kontaktů s nákazou o vnímavé osoby

exponované aerosolu (např. přítomné ve stejné místnosti nebo ve směru proudění vzduchu) nezávisle na bezprostředním kontaktu se zdrojem a v časovém úseku definovaném dobou přežití původce od ukončení působení zdroje. Je-li předpokládán „pouze“ přenos kapénkový, jsou evidovány pouze vnímavé osoby v přímém kontaktu se zdrojem, případně dotýkající se stejných povrchů a/nebo předmětů po určitou, většinou kratší dobu přežití původce.

**Vektorový přenos** je definován jako přenos zprostředkovaný vektorem (přenašečem), přičemž vektor (v epidemiologii) je hmyz nebo jakýkoli jiný živý přenašeč, který přenáší infekční agens z infikovaného jedince nebo odpadních produktů jeho metabolismu (zejm. stolice) na vnímavého jedince, jeho potravu nebo jeho bezprostřední okolí. Tento přenos může být:

- Mechanický – končetinami, sosákem, příp. výkaly členovců (např. přenos shigel – původců shigelózy, bacilární úplavice, z lidských výkalů na potraviny prostřednictvím končetin much)
- Biologický – infekční agens se v členovci pomnoží nebo prodělá vývoj a teprve poté se dostává do těla hostitele většinou sáním krve (např. přenos borelií, původců boreliózy klíštětem, plasmodií, původců malárie komárem) nebo deponováním výmětů členovce na kůži hostitele a jejich následnou inokulací do mikrotraumat vzniklých při škrábání (*Rickettsia prowazeki* – původce skrvnitého tyfu).

Další způsoby nepřímého přenosu jsou podrobněji popsány u kapitol věnujících se infekcím s daným způsobem přenosu.

Některá infekční onemocnění mohou mít více způsobů přenosu. Např. klíšťová meningoencefalitida je přenášena klíštětem, ale k nákaze může dojít i konzumací kontaminovaného nepasterizovaného mléka (tedy alimentární cestou). Mor je přenášen vektorem (blecha) z infikovaného hlodavce i kapénkovým (mezilidským) přenosem. Infekční onemocnění se pak řadí do skupiny nákaz dle převládajícího přenosu.

### **Vnímový jedinec**

Třetím článkem epidemiologického řetězce je vnímavý jedinec (hostitel). Vnímový jedinec je jedinec bez specifické imunity k danému onemocnění. Tedy nemá imunitu po prodělání infekce ani po očkování. Infekční agens se do hostitele dostává bránou vstupu. Následně je aktivován imunitní systém, jehož aktivita společně s charakteristikami původce i makroorganismu (genetické dispozice, jiná závažná onemocnění, nutriční stav, věk atd.)

rozhoduje o dalším vývoji infekce. Obraně proti infekci a imunitnímu systému člověka je věnována předcházející kapitola. Vnímavost jedince můžeme pozitivně ovlivnit preventivně, zejména posilováním nespecifické imunity zdravým životním stylem a aktivní imunizací (očkováním) nebo profylakticky (po rizikové expozici infekčnímu agens) pomocí pasivní i/nebo aktivní imunizace, podáním antimikrobiálních látek apod.