

Počasi a klíštětem přenášená virová encefalitis v České a Slovenské republice

Jaroslav Střeščík (1), Miroslav Mikulecký mladší (2) a starší (3)

(1) Geofyzikální ústav AV ČR, v.v.i., Praha

(2) Klinika infektologie a geograf. medicíny, Lek. fak., Univ. Komenského, Bratislava

(3) Vedoucí, Odd. biometrie a statistiky, Neuroendocrinology Letters (vedoucí redaktor Prof. MUDr. P. Fedor-Freybergh, PhD, DSc.), Stockholm-Bratislava

Weather and tick borne viral encephalitis in the Czech and Slovak Republic

Abstract: Cross-correlation of the annual incidence of tick borne encephalitis in the Czech Republic (1965-2003), and Slovak Republic (1980-2004) with some external factors has been evaluated. The incidence of this disease is a little higher 4 years after the year of maximum of solar activity but the correlation is poor. Significant correlation appears with the average air temperature: maximal incidence of tick borne encephalitis follows the next year after the year with higher air temperature, i.e., after a warm year. Higher incidence appears also one year before the year with higher precipitation totals. This paradox is explained by the cross-correlation between air temperatures and precipitation totals: warmer years appear some years after the year with strong precipitation totals. Therefore, the most important external factor increasing the incidence of tick borne encephalitis is the air temperature so that, due to the global warming, an increase of this disease may be expected.

Časový vývoj klíštětem přenášené virové encefalidity v České a Slovenské republice a na Sibiři popsali druzí dva z uvedených autorů na loňském úpickém semináři (Mikulecký a Mikulecký, 2006). Vliv klimatického oteplování na vzestup výskytu choroby byl zjištěn pro sibiřský vzorek, kde byly k dispozici teploty vzduchu. Česká a Slovenská republika leží v pásmu přírodních ohnisek, které se táhne od jižního Německa, Rakouska, Slovinska, Chorvatska a Maďarska přes naše území dále do Polska a do pobaltských republik. Postupně se rozšiřuje, patrně vlivem oteplení, až do jižního Švédska.

Tuto zoonózu přenáší dospělá klíště (nejčastěji *Ixodes ricinus*), ale i jeho larva a především jeho nymfa. Vývojový cyklus těchto členovců je plně závislý na přírodních podmínkách, které se v průběhu roků mění. Jde hlavně o teplotu vzduchu, jeho vlhkost a s tím částečně související vhodnou vegetaci a faunu. Důležitou úlohu v celém vývojovém procesu totiž hrají hostitelé.

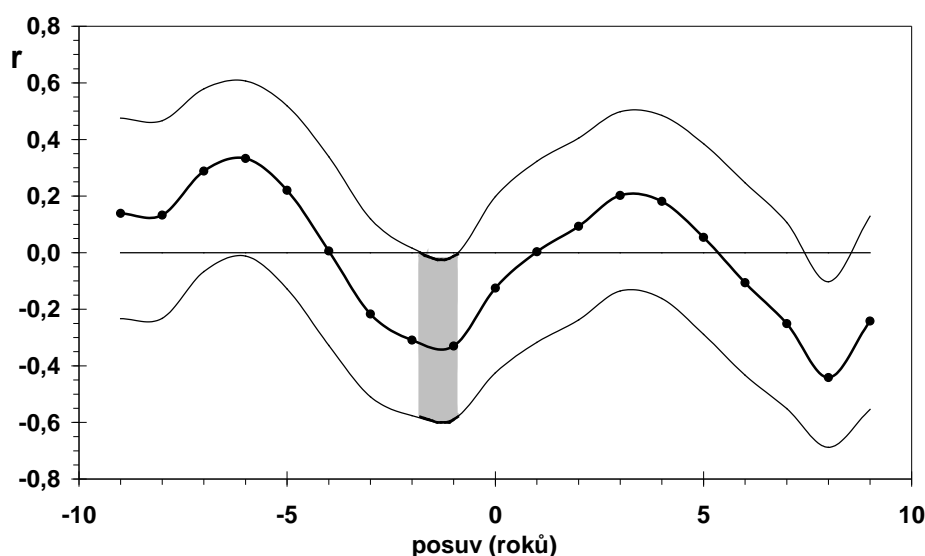
Předmětem předkládaného sdělení bude předpokládaný účinek teploty spolu s možným vlivem atmosférických srážek a sluneční a geomagnetické aktivity na šíření této choroby v České a Slovenské republice.

Údaje o výskytu klíšťové encefalidity jsou totožné s těmi, které byly na úpickém semináři prezentované před rokem. Pro Českou republiku máme k dispozici roční počty onemocnění klíšťovou encefalidou pro období 1965-2003 (Beran, 2004), pro Slovenskou republiku jen 1980-2003 (Máderová, 2005). Sluneční aktivitu popíšeme jednak Wolfovým číslem slunečních skvrn (W), jednak sumárním erupčním indexem (SFI). Pro geomagnetickou aktivitu použijeme index A_p . Číselné hodnoty lze najít na internetu na adrese <ftp://ftp.ngdc.noaa.gov/STP> a dále v adresářích SOLAR_DATA, resp. GEOMAGNETIC_DATA. Meteorologická data (teploty vzduchu a srážkové úhrny) z pražského Klementina lze najít v publikaci Jírovského (1976), pro pozdější roky jsou k dispozici pouze v ČHMÚ v Praze. Předpokládá se, že odpovídající údaje pro Slovensko nebyly podstatně odlišné od českých. Pro sluneční a geomagnetickou aktivitu postačí roční průměry, pro meteorologické údaje použijeme kromě ročních také měsíční průměry, aby bylo možné spočítat průměr jen za vybrané měsíce.

Příslušné časové řady jsme analyzovali pomocí zkřížené korelace (Bartlett, 1953; Komorník a Mikulecký, 2000), t.j. korelací s časovými posuny. "Korelační" koeficienty tu jsou použity jako technická míra lineárního regresního vztahu mezi teplotou či jinou veličinou („explanatory variable“) a na ní závislou odpovědí („response variable“) v počtu případů. Je zřejmé, že obrácený směr této závislosti by byl nesmyslný. Proto nemůže jít o skutečnou korelaci. Významnost vztahu budeme hodnotit podle poměru intervalu 95% spolehlivosti „korelačního“ koeficientu k nulové hodnotě: pouze když bude celý interval spolehlivosti na jedné straně od nuly, pokládáme vztah za statisticky významný na hladině $\alpha = (1 - 0,95) = 0,05$.

Korelace mezi sluneční aktivitou a výskytem klíšťové encefalidity v témže roce je slabě záporná a nevýznamná a ani jiná nemůže být. Je jasné, že výskyt klíšťové encefalidity v jarních měsících nebude nijak

ovlivněn hodnotami vnějších faktorů v druhé polovině roku. Ty mohou spíše mít vliv na výskyt klíšťové encefalitidy v následujícím roce. Při posuvu roku výskytu choroby o více let vpřed, tedy později (na obrázku vpravo) je pak korelace kladná, i když stále nevýznamná. Ale ani vyšší hodnoty by v žádném případě nevyovídaly nic o příčinné souvislosti, jen se konstatuje, že průběh zkoumaných veličin je podobný. Při větším posuvu lze jistě těžko mluvit o příčinné souvislosti, při posuvu zpět (vlevo) už vůbec ne. Význam je však v tom, že se tak může objevit nějaká perioda, po níž se vysoké korelace opakují. Toto je dobře patrné na obr. 1. Nejvyšší kladná korelace se vyskytuje při posuvu roku výskytu choroby vpřed o 4 roky a při posuvu zpět o 6 let, obě nevýznamné, záporná korelace při posuvu zpět o jeden rok je již významná. Tedy když je v jednom roce vysoká sluneční aktivita, dal by se očekávat vyšší výskyt klíšťové encefalitidy za 4 roky, příp. byl též (a silnější) pozorován před 6 lety. Celkem je zde zřejmá 10-letá perioda, což odpovídá délce slunečních cyklů (v posledních desetiletích byly cykly kratší, 10-10,5 roku). Maximální výskyt klíšťové encefalitidy lze tedy očekávat na sestupné větvi slunečního cyklu (před minimem), minimální krátce před maximem. V současném cyklu období maximálního výskytu připadalo kolem r. 2005, což je skutečně pozorováno, a ve sdělovacích prostředcích je stále připomínáno, že výskyt v posledních letech roste.



Obr. 1. Korelace ročních průměrů Wolfových čísel sluneční aktivity a ročního výskytu klíšťové encefalitidy v ČR s posuvy od -9 do +9 roků. Slabé křivky vymezují 95% koridor spolehlivosti (stejně v dalších obrázcích). Statisticky významný odklon koridoru od nulové horizontály je vyznačen tmavší plochou.

Pro erupční indexy (veličina *SFI*) namísto Wolfových čísel dostaneme graf úplně stejný, jen je celá křivka posunuta nepatrně dolů. Pro geomagnetickou aktivitu bude graf také podobný, ne však tak hladký, korelace celkově o málo nižší a maxima posunuta vlevo, takže největší výskyt klíšťové encefalitidy se objeví již asi 2 roky po maximu geomagnetické aktivity. Prakticky není rozdíl, použije-li se k hodnocení geomagnetické aktivity index *Ap* nebo jiný, a to jak v průběhu, tak v číselných hodnotách.

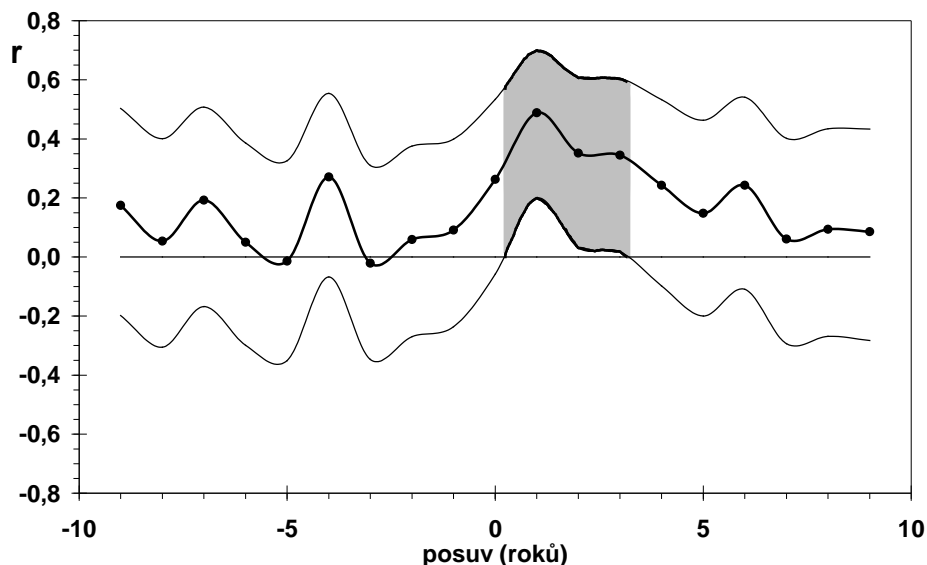
Pro výskyt klíšťové encefalitidy na Slovensku vychází všechny grafy podobné jako pro ČR, ovšem vzhledem ke kratší době pozorování jsou korelace celkově nižší a maximum výskytu klíšťové encefalitidy se pozoruje později než v ČR. Perioda 10-10,5-letá je však zřejmá i zde.

Korelace Wolfových čísel a geomagnetické aktivity (index *Ap*) s posuvem dává maximum při posuvu 2 roky, tj. 2 roky po maximu *W* bude maximum *Ap*. Korelace podle očekávání je vyšší než mezi *W* a klíšťovou encefalitidou apod. To vše souhlasí se zjištěním, že také maximum výskytu klíšťové encefalitidy se vyskytuje 2 roky po maximu geomagnetické aktivity. Perioda přibližně desetiletá je zde zřejmá.

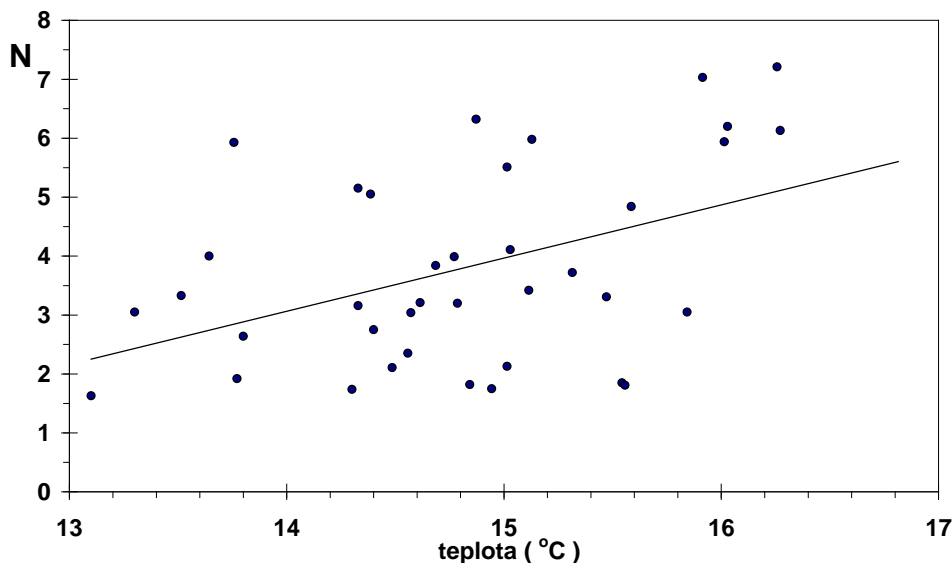
Korelace mezi teplotou vzduchu a výskytem klíšťové encefalitidy v ČR v témže roce je kladná a nejvyšší je pak pro posuv výskytu choroby vpřed čili později o 1 rok (obr. 2). Číselné hodnoty jsou mnohem vyšší než u korelace s Wolfovými čísly. Tedy jeden rok po roce s vysokými teplotami lze očekávat vyšší výskyt klíšťové encefalitidy. Teplejší rok je příznivější pro vývoj klíšťat, což se plně projeví v následujícím roce. Perioda jako u Wolfových čísel na obrázku není, protože u teplot vzduchu se žádná podobná perioda nevyskytuje. Průměrnou teplotu jsme počítali dvojnásobným způsobem: jednak jako průměr za celý rok (ta je použita na uvedeném obrázku), jednak jako průměr jen za vegetační období, čili dobu výskytu klíšťat, tj. od března do září. Průběh korelace je pro obě varianty velmi podobný a číselné hodnoty též.

Na obr. 3 je graficky předveden vztah mezi průměrnou teplotou vzduchu a ročním výskytem klíšťové encefalitidy v následujícím roce. Počet onemocnění s rostoucí teplotou stoupá. Dosáhla-li průměrná teplota za měsíce březen až září hodnot kolem 16°C pak lze očekávat v následujícím roce více než dvojnásobný výskyt klíšťové encefalitidy, než když tento průměr byl jen 13°C. Zdá se, že nárůst výskytu klíšťové encefalitidy je při

vyšší teplotě větší, než udává regresní přímka, tj. že by lépe vyhovoval polynom druhého stupně, ale vzhledem k poměrně malému rozsahu dat a velkému rozptylu to nelze plně prokázat. Číselně lze regresní vztah popsat rovnicí $N = 0,87 T - 9,07$, kde N je roční výskyt klíšťové encefalitidy na 100 000 obyvatel a T je průměrná teplota vzduchu v březnu až září v předcházejícím roce.



Obr. 2. Korelace ročních průměrů teploty vzduchu v Klementinu a ročního výskytu klíšťové encefalitidy v ČR s posuvy od -9 do +9 roků. Statisticky významný odklon koridoru od nulové horizontály je vyznačen tmavší plochou.

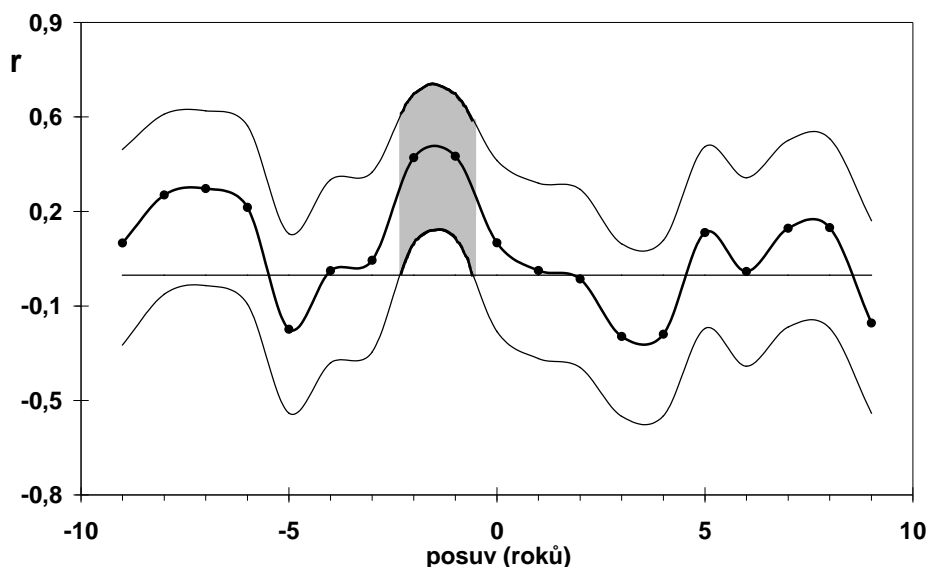


Obr. 3. Regrese průměrné teploty vzduchu v Klementinu za březen až září a ročního výskytu klíšťové encefalitidy (N , přepočten na 100 000 obyvatel) v ČR s posuvem o jeden rok (teplota vs. výskyt klíšťové encefalitidy o rok později).

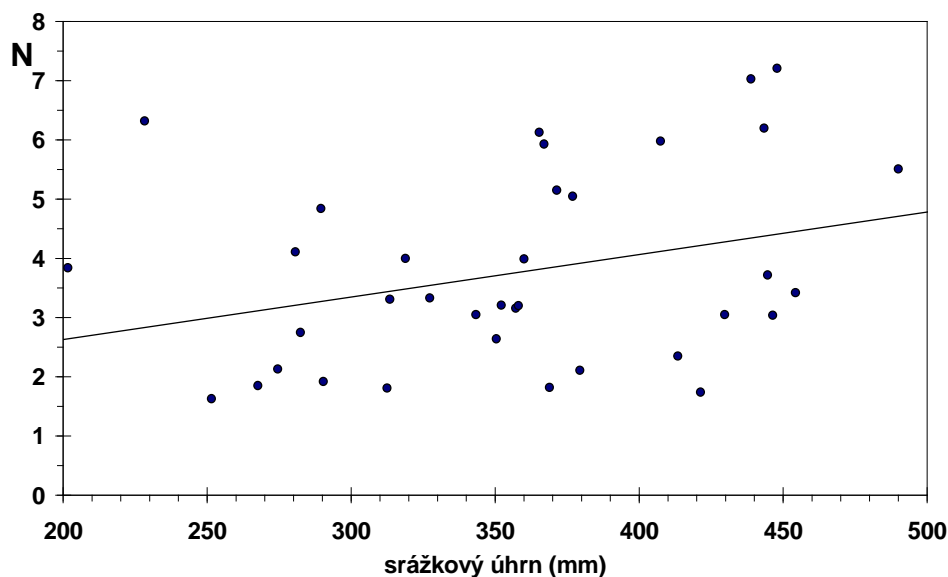
Korelace teploty vzduchu a výskytu klíšťové encefalitidy na Slovensku provedená stejným způsobem je opět kladná, avšak nejvyšší je bez posuvu, přičemž zvýšené hodnoty pokračují ještě další tři roky. Číselně je korelace nižší než pro ČR, patrně vlivem kratší doby pozorování, ale i tak značně vyšší než pro sluneční aktivitu. Také regrese vychází podobně jako je nakresleno na obr. 3 pro Českou republiku

Korelace mezi Wolfovými čísly a teplotou vzduchu (roční průměry) je v dlouhé řadě pozorování nepatrná. Proto taky není pozorována 11-letá perioda u meteorologických veličin, zatímco ve sluneční aktivitě tato perioda zcela převládá. Avšak pro kratší období nemusí být korelace nulová, i když je stále slabá. Korelace s posuvem mezi Wolfovými čísly a teplotou vzduchu (ať už za rok nebo za vegetační období) ve zkoumaném období ukáže, že v letech maxima sluneční aktivity a v letech následujících (do tří let) byly obvykle teploty

o něco málo vyšší. Vyšší sluneční aktivita a vyšší teploty tedy působí současně a je těžké rozhodnout, který faktor je určující. Vyšší výskyt klíšťové encefalitidy se pozoruje na sestupné větvi slunečního cyklu, kdy jsou současně také vyšší teploty vzduchu. Za určující je třeba považovat přednostně teplotu vzduchu, protože korelace výskytu klíšťové encefalitidy s ní je mnohem vyšší než se sluneční aktivitou, která navíc není statisticky významná. Nezávisle na cyklech sluneční aktivity ovšem průměrná teplota dlouhodobě pomalu roste, což by mohlo znamenat postupně se zvyšující počet onemocnění klíšťovou encefalitidou v průběhu desetiletí.



Obr. 4. Korelace ročních atmosférických srážkových úhrnů a ročního výskytu klíšťové encefalitidy v ČR, s posuvy od -9 do +9 roků. Statisticky významný odklon koridoru od nulové horizontály je vyznačen tmavší plochou.



Obr. 5. Regrese srážkových úhrnů za března až září a ročního výskytu klíšťové encefalitidy v ČR s posuvem o 1 rok zpět (srážky letos vs. výskyt klíšťové encefalitidy loni).

Také pro korelaci se srážkovými úhrny je možné uvažovat úhrny za celý rok nebo jen za vegetační období. Vzhledem k tomu, že maximum srážek spadne v létě, je rozdíl mezi oběma verzemi zanedbatelný. Maximum výskytu klíšťové encefalitidy je zde při posuvu jejího výskytu o 1-2 roky zpět, tedy dříve (obr. 4) a je významné. To znamená, že 1-2 roky před rokem s vysokými srážkami byl pozorován zvýšený výskyt klíšťové encefalitidy. Tento paradox bude vysvětlen dále. Zde ovšem nemůže jít o příčinnou souvislost, tu je třeba hledat v zákonitostech výskytu vyšších a nižších ročních srážkových úhrnů, v celkovém průběhu počasí v delším období.

U korelace ročních atmosférických srážkových úhrnů a výskytu klíšťové encefalitidy na Slovensku s posuvem vychází maximum výskytu ve stejném roce jako zvýšený výskyt srážek, a také v letech okolních (od

-2 do +1). Také zde je třeba hledat souvislost s celkovým průběhem počasí v širším období. Stejně jako u závislosti na teplotě vzduchu jsou i zde číselné hodnoty nižší než na obdobném grafu pro ČR.

Na obr. 5 je graficky předveden vztah mezi srážkovými úhrny v Klementinu za březen až září a ročním výskytem klíšťové encefalitidy v předcházejícím roce. Počet onemocnění s rostoucími srážkami mírně stoupá. Při úhrnu srážek blízcím se 500 mm je výskyt klíšťové encefalitidy přibližně o 50% vyšší než při úhrnu kolem 200 mm. Zvýšení je tedy podstatně slabší než v případě průměrných teplot vzduchu. Číselně lze regresní vztah popsat rovnicí $N = 0,0072 S + 1,16$, kde S je srážkový úhrn za březen až září v následujícím roce (což má ovšem význam pouze pro zpětné vyhodnocení, ne pro předpověď).

Korelace mezi teplotou vzduchu a srážkovými úhrny (roční hodnoty) na téže observatoři (Klementinum) je pro tentýž rok slabě záporná – teplejší rok bývá o něco málo sušší. Avšak po několika letech (po 1-3) je korelace vysoká kladná, tj. po teplejším roce následují vlhčí roky. Dáno dohromady: po roce s vysokými teplotami následují roky s vyšším výskytem klíšťové encefalitidy a ještě o něco později pak roky s vyššími srážkami. Zvýšený výskyt klíšťové encefalitidy z důvodu vyšších teplot vzduchu tedy předchází vlhčí roky, čímž je vysvětlen paradox u korelace mezi srážkami a výskytem klíšťové encefalitidy.

Výsledky ukazují, že podstatný vliv na výskyt klíštětem přenášené virové encefalitidy má především teplota vzduchu. Globální oteplení je proto jedním z faktorů způsobujících celkové zvýšení počtu onemocnění, rozšíření oblastí zvýšeného výskytu na našem území a rozšíření endemické oblasti výskytu této choroby ze střední Evropy až do Skandinávie v posledních desetiletích. I když průměrná teplota vzduchu bude i nadále kolísat, zčásti i vlivem kolísání sluneční aktivity, je třeba počítat do budoucna se stálým růstem.

Nakonec přidejme praktickou radu: účinnou ochranu proti klíšťové encefalitidě poskytuje očkování, které se však u nás poměrně málo využívá a počet očkovaných občanů roste jen velmi málo. Proto se jeho vliv v použitém materiálu neprojevuje. Očkování se skládá ze tří injekcí, druhá následuje měsíc po první a třetí 6 – 8 měsíců po ní. Po třech letech je nutné přeočkování jednou injekcí. Mezi první a druhou injekcí nesmí být pacient zasažen klíštětem, proto je vhodné aplikovat je v zimních měsících. Očkování však není bezplatné, za každou injekci se platí kolem 400 Kč. Pro toho, kdo není očkován, je nejjednodušší a nejúčinnější co nejrychlejší pokrytí napadeného místa hustou mýdlovou pěnou, což umožní potom útočnicka bez poškození opatrně vytáhnout.

Literatura

- Bartlett M. S. (1953). An introduction to stochastic processes with special reference to methods and applications. Cambridge University Press. Cambridge.
- Beran J. (2004). Tickborne encephalitis in the Czech Republic. Eurosurveillance Weekly Vol. 8, No 26, 24/06/2004. Internet: <http://www.eurosurveillance.org/ew/2004/040624.asp>
- Jírovský V. (1976). Meteorologická pozorování v Praze-Klementinu 1775–1975. HMÚ Praha.
- Komorník J, Mikulecký M. (2000). CrossCor. Výpočtový program. ComTel, Bratislava.
- Máderová E. (2005). Klíšťová encefalitída na Slovensku. Via pract. vol. 2, str. 51- 54.
- Mikulecký M. sen., Mikulecký M. jun. (2006). Vírusová klíšťová encefalitída – ďalšia hrozba globálneho oteplenia. Človek ve svém pozemském a kosmickém prostředí, Úpice, v tisku.

Redakční rada se neztotožňuje s použitou metodikou matematického zpracování prezentovaných dat