

(大木美香) 論文内容の要旨

主論文

Optimal Timing of Insecticide Fogging to Minimize Dengue Cases: Modeling Dengue Transmission among Various Seasonalities and Transmission Intensities

題名和訳

デング熱感染者抑制を目的とした最適な殺虫剤噴霧時期：
季節性と伝播強度を考慮した数理モデルによるシミュレーション

著者名

大木美香、砂原俊彦、橋爪真弘、山本太郎

掲載雑誌

PLoS Neglected Tropical Diseases 5 (10): e1367.2011[7 ページ]

長崎大学大学院医歯薬学総合研究科 新興感染症病態制御学系専攻
(主任指導教員: 山本太郎 教授)

緒言

デングウイルス感染症はネッタイシマカによって媒介され、熱帯・亜熱帯地域を中心に流行している。ヒトにおいては、軽微な発熱症状から時に出血傾向を伴う重篤な症状を惹起する。臨床応用可能なワクチンがいまだ開発途上であるため、疾病予防は媒介蚊対策に拠るところが大きい。媒介蚊成虫を標的とした殺虫剤噴霧は多くの流行地域で行われているが、有効性には異論もある。Newton and Reiter(以下 N&R)(1992)による数理モデルを用いた先行研究は、殺虫剤噴霧は流行のピーク直後に行うのが最も有効だが、その場合も感染者数はわずかに減少するのみであることを示唆し、殺虫剤噴霧の非有効性の根拠とされてきた。一方、デングウイルス感染の流行動態は蚊の生育・生殖に適した季節性変化とヒト集団内の免疫レベルによって影響されるが、N&Rはこれらの要素をシミュレーションに反映していない。本研究は、デングウイルス感染の流行動態を左右する季節性変化とヒト集団免疫を考慮した数理モデルを用いて、感染者を最大限抑制する殺虫剤の最適な噴霧時期とその有効性について改めて検証したものである。

方法

N&R の研究において使用された数理モデル(SEIR モデル)を一部改変した。殺虫剤の効力は、噴霧当日にのみ成虫蚊の 60%が死滅すると設定した。殺虫剤は1年の間、1日目

から 365 日目まで一日ごと噴霧した場合に抑制した感染者数をそれぞれ計算し、最も多くの感染者を抑制した噴霧日を最適噴霧日とした。シミュレーションは以下の順におこなった。

シミュレーション 1: デングウイルスに対する免疫のない1万人のヒト集団に、1 日目に一匹の感染蚊が侵入し初回大流行を惹起するという、N&R と全く同一の条件下で殺虫剤の最適噴霧日とその効果をみた。蚊の密度はヒト一人当たり 2 匹とした。

シミュレーション 2: シミュレーション1に季節性変化を導入した。季節性変化は、蚊の生存期間を雨季に長く(4 日間)、乾季に短く(3 日間)することで表現した。まず1日目からを雨季とし、その長さは4ヶ月、5ヶ月、6ヶ月と設定した。それぞれにおいて、殺虫剤の最適噴霧日とその効果を検証した。蚊の密度はヒト一人当たり 2 匹とした。

シミュレーション 3: シミュレーション 2 に、一日当たり 0.03 人のデング感染者が継続的に集団内にウイルスを持ちこむと仮定し、499 年間流行を繰り返した。エンデミックな状態と考えられる 500 年目に、殺虫剤の最適な噴霧時期とその有効性を検証した。蚊の密度はヒト一人当たり 2 匹とした。

シミュレーション 4: シミュレーション 3 における蚊の密度を、ヒト一人当たり 2 匹から 3、5、8、15 匹とした。それぞれの密度において 500 年目の集団免疫レベルを比較し、また殺虫剤の最適な噴霧時期とその有効性を検証した。

結果

季節性変化と集団免疫を考慮しないシミュレーション1では、N&R とほぼ同様の結果を得た。すなわち、初回流行は 10,000 人中 7,616 人が感染するという大規模なものであり、最適噴霧日は流行のピーク直後(6 日後)であるが抑制した感染者はわずか 6.7%であった。季節性変化を導入したシミュレーション 2 では、まず感染者数がシミュレーション 1 の 7,616 人/年から 2,614 人/年(雨季4ヶ月)、4,788 人/年(5ヶ月)、6,259 人/年(6ヶ月)と縮小した。最適噴霧日はそれぞれ雨季の始まりから 60 日目(流行のピークから 65 日前)、112 日目(40 日前)、139 日目(24 日前)となり、抑制した感染者の割合は 28.3%、20.8%、14.4%となった。シミュレーション 3 では、感染者数がさらに大幅に縮小した(4ヶ月の雨季では 21 人/年、5ヶ月で 29 人/年、6ヶ月では 36 人/年)。最適噴霧日はシミュレーション 2 よりさらに早まり、それぞれ雨季の始まりから 53 日目(流行のピークから 72 日前)、66 日目(88 日前)、78 日目(105 日前)であり、各 40.5%、40.5%、40.2%の感染者を抑制した。シミュレーション 4 では、500 年目の集団免疫のレベルは媒介蚊密度が高まるにつれ高くなった。しかし、いずれの媒介蚊密度においても、雨季の長さに関係なく最適噴霧日は流行のピークより 80 日以上早く、35-40%の感染者を抑制することができた。

考察

デングウイルス感染が長年流行している地域においては、殺虫剤の最適噴霧日は N&R の報告とは異なり、流行のピーク直後ではなく雨季の始まりから流行極期の中間であった。また、殺虫剤噴霧は最適な時期におこなえば相当数の感染者を抑制できることが示唆された。デングウイルス感染の流行動態とその規模、媒介蚊対策の有効性は、季節性とヒト集団免疫レベルによって多大に影響されるため、これらの要素は疾病予防戦略を作成する際には念頭に置くべきである。