

VIRUSI KAO EKOLOŠKI I EVOLUCIJSKI ČIMBENICI

Virusi su najbrojniji biološki entiteti i pokazuju najveću varijaciju genoma. Ideja da su virusi vrlo stari i da potječu iz RNA svijeta sve je prihvaćenija. Prema njoj, RNA virusi bili su prije DNA virusa i bili su interakciji s LUCA-om (Last Universal Common Ancestor). Prema teoriji prema kojoj su virusi aktivni pokretači evolucije oni su ti kojima stanice domaćini uzimaju gene čime se pokreće evolucija, a ne obratno. Također, postoje geni karakteristični za viruse koji nisu rezultat konvergencije. Ukoliko su se virusi pojavili prije prvih stanica oni su mogli direktno utjecati na prve stanice, štoviše, mogli su poticati nastanak prvih staničnih organizama. Bakterijski plazmidi i jezgra možebitno su ostatak virusnih čestica, a podjela života na tri domene prema Forterru, čelnom čovjeku mikrobiološkog laboratorija na Pasteurovom institutu, nosi virusni potpis.

U protekla tri desetljeća sekvenciran je velik broj DNA polimeraza i ostalih replikacijskih proteina iz sve tri domene života. Virusni pokazuju veliku raznolikost u polimerazama pa su one iskorištene kao filogenetski markeri za proučavanje odnosa između staničnih i virusnih gena. DNA virusi posjeduju cijeli set vlastitih polimeraza i enzima za popravak.

Najproučavanija polimeraza u molekularnoj biologiji je ona faga T4. Replikacijski aparati prokariota i eukariota su u suštini isti, ali između njih nema očuvanih proteina niti sličnosti u sekvencama, polimeraza faga T4 više nalikuje eukariotskoj nego prokariotskoj. Eukariotska i virusna polimeraza imaju čak 6 sličnih funkcionalnih domena i osjetljive su na iste inhibitore. Iz ove sličnosti proizlazi hipoteza da virusi mogu biti potencijalno izvorište DNA polimeraza, ukoliko virus uspostavi stabilnu infekciju u domaćinu na način da pokreće njegovu evoluciju i snabdijeva ga svojim genima. Ta je hipoteza testirana uspoređujući sekvence algi i virusa koji ih inficiraju (CVS-1 i *Chlorella*, FVS i *Feldmania*). Identificirani su veliki skupovi povezanih sekvenci te naknadno izrađeno filogenetsko stablo DNA polimeraza podržava ideju da je DNA polimeraza virusa osnova eukariotskih polimeraza, odnosno, da su prokariotski i eukariotski geni povezani preko DNA virusa.

Znamo da je pramolekula života RNA te da je u jednom trenutku došlo do zamjene RNA sa DNA. Tome je kumovala zamjena riboze deoksiribozom i uracila timinom. Nova molekula koja je prenosila genetsku informaciju bila je stabilnija (bez kisika na C2 – otpornija na hidrolizu, može stvarati dvostruku uzvojniju bez steričkih smetnji) i imala je mogućnost popravka (deaminacijom citozina nastaje uracil koji je u DNA može popraviti). DNA stabilnost i mogućnost popravka omogućili su povećanje genoma i DNA se mogla suprotstaviti RNA. No, to i dalje u potpunosti ne objašnjava razloge prelaska u DNA svijet. Prema već spomenutom Forterru, DNA, replikacija i rekombinacija su se razvili i razgranali u svijetu u kojem su DNA virusi inficirali RNA stanice. On je RNA svijet podijelio na prvo (do pojave ribosoma) i drugo (od pojave ribosoma) doba. I u prvom i u drugom RNA svijetu razvijaju se stanične linije sa modernim proteinima koje se međusobno natječu dok ne nastanu prve prave DNA stanice koje su označile kraj RNA svijeta. Da bi preživjele stanice koje nisu imale dovoljno dobro razrađenu proteinsku mašineriju su postale unutarstanični paraziti više uspješnih staničnih linija, parazitskom redukcijom od drevnih staničnih linija nastali su virusi, prvo RNA, zatim DNA. Virusi su morali modificirati svoj genom radi zaštite od RNAza domaćina. Za nastanak DNA potrebni su kompleksni enzimi za koje se smatra da su prvo nastali u virusima, a zatim su bili preneseni u stanice. To je potvrđeno filogenetskim istraživanjima.

DNA genom je nastao u više koraka prema sve kompliciranijim strukturama i replikacijskim mehanizmima. Nakon što je nastao DNA virus evolucija se nastavlja prijenosom molekule DNA iz virusa u stanice. DNA virus inficira RNA stanicu i s njom koevoluira. Geni iz staničnog RNA genoma su postupno preneseni u viralni DNA genom. Viralni DNA genom postaje DNA plazmid RNA stanice.

DNA plazmid nadvlada RNA genom i postaje DNA stanični kromosom. Infekcijom DNA stanice sa DNA virusom mogle su nastati prokariotske stanice. Možemo reći da je DNA virus u RNA stanici preuzet i adaptiran u novi organel. Ako takav virus ima mogućnost izlaženja iz stanice ne samo da od virusa može nastati jezgra nego i od jezgre može nastati virus. Na kraju, prema Forterrovj teoriji tri virusa – tri domene, trima nezavisnim transferima DNA pomoću tri virusna vektora, nastali su genomi triju danas poznatih domena.

Osim što su značajni evolucijski čimbenici, virusi su i nevjerojatni ekološki čimbenici. Unutar jednog mililitra morske vode možemo pronaći do 10^7 virusnih čestica, ovisno o staništu sa kojeg je uzet uzorak. Oni su najbrojnija skupina organizama u moru, te svake sekunde uzrokuju 10^{23} infekcija u moru. Toliko ih je mnogo da poredani jedan do drugog prelaze daljinu 60 galaksija. Članovi su hranidbenih lanaca i hranidbenih mreža, pokreću biokemijske cikluse i utječu na njih. Predstavljaju silu koja pokreće kruženje energije i nutrijenata u svjetskim morima. Spremnik su genetičkog materijala i raznolikosti u oceanu, a kontroliraju i klimatske procese. Prvi su puta otkriveni sredinom 20. stoljeća. Postotak brojnosti virusa u morima je 94%, iako zbog svoje veličine zauzimaju samo 5% biomase mora. Dominantna skupina virusa u morima su bakteriofagi.

Donedavno se smatralo da su litički virusi bitniji od lizogenih, no nekoliko je istraživanja pokazalo da integriranih profaga ima u visokom udjelu u laboratorijskim kulturama morskih bakterija. Pokazalo se da otprilike polovica bakterijskih izolata u sebi sadrži profag. Također, u nekim slučajevima se pokazalo da bakterije sadrže više različitih profaga. Virus koji je profag je zaštićen od strane bakterije. Bakterija iz tog odnosa izvlači korist jer virus na nju prenosi nove osobine.

Virusi dnevno liziraju 20-40% prokariota, u taj postotak ulaze i cijanobakterije koje su zaslužne za 20-80% fiksacije ugljika. Zbog toga, lizirane prokariotske stanice imaju velik utjecaj na biogeokemijske cikluse. Iako je primarni efekt virusa uklanjanje domaćina iz zajednice, sam proces pokreće otpuštanje razgrađenih organskih tvari u okoliš. Morski virusi imaju veći utjecaj u oligotrofnim nego u eutrofnim morima. Lizom bakterija oslobađa se otopljenog organskog tvari (DOM) i suspendirane organske tvari (POM), na taj su način nutrijenti dostupniji fitoplanktonu i bakterijama. Lizom stanica se dnevno oslobodi do 10^9 tona ugljika iz živih stanica.

Virusi u morima sprječavaju potpunu dominaciju neke skupine i omogućuju veliku raznolikost prokariota. Imaju tendenciju da inficiraju skupinu prokariota koja je dominantna i koja se brzo razmnožava, tako da sve skupine imaju jednaku priliku za život i razmnožavanje. Ta se taktika naziva „kill the winner“.

Transdukcija je još jedna korisna tehnika virusa koja omogućuje veliku raznolikost genetskog materijala. Nakon što se genom virusa uklopi u genom domaćina, naknadnim izrezivanjem može doći do greške i pakiranja nekog gena domaćina u virus – ponovnom infekcijom taj se genom prenosi u novu bakteriju gdje se može eksprimirati i prenešeni gen. Lizom stanice domaćina u okoliš se otpušta slobodan genetički materijal.

Poznato je da fagi mogu imati različit utjecaj na domaćina zahvaljujući genima koje nose, kao što su produkcija toksina i rezistencija na antibiotike.

Jedan od najzanimljivijih primjera je svakako cijanofag koji nosi gen za fotosistem II i tako potiče bakteriju na povećanu stopu fotosinteze. U svakom slučaju fagi povećavaju metabolizam domaćina u svrhu stvaranja novih virusnih čestica.

Važno je istaknuti i utjecaj virusa na veće organizme kao što su ribe u kontroliranom uzgoju u moru. Prije svega takve su bolesti izazvane od strane virusa od ekonomske važnosti. Virusne bolesti riba koje se javljaju su limfocistis, nekroza gušterače, zarazna hematopoezna nekroza,...