Proč pohlavní chromozomy přestaly rekombinovat

Alžběta Báčová

Suvi Ponnikas, Hanna Sigeman, Jessica K. Abbott, Bengt Hansson
(Trends in Genetics, červenec 2018)

Jak vytvořit pohlavní chromozom

Alison E. Wright, Rebecca Dean, Fabian Zimmer, Judith E. Mank
(Nature Communications, DOI: 10.1038/ncomms12087)

Pohlavní chromozomy se vyvinuly nezávisle na sobě mnohokrát v rámci celé domény eukaryot, a představují případ genomické konvergence, kdy nepříbuzné pohlavní chromozomy mají stejné vlastnosti napříč vzdálenými taxonomickými jednotkami. Pohlavní chromozomy se vyvinuly z homologních autozomálních chromozomů, když se na jednom z nich objevil gen určující pohlaví. To vedlo k několika procesům, které právě rozlišily pohlavní chromozomy X a Y (Z a W). Například se kolem genu určujícího samčí pohlaví začaly hromadit geny vhodné pro samce, zatímco na ostatních chromozomech byly postupně redukovány. Během tohoto procesu nejen, že může docházet ke ztrátám genů, ale pokud se zamezí rekombinaci, na nerekombinujících chromozomech se mohou hromadit škodlivé alely. Tento jev je u rekombinujících chromozomů výrazně vzácnější, jelikož právě rekombinací může dojít ke spárování těch méně mutacemi zatížených chromozomů od rodičů. I přes tyto všechny jevy na chromozomech Y a W, chromozomy X a Z si udržují svou plnou funkci i nadále. Je zřejmé, že ztráta schopnosti rekombinace spouští řadu evolučních procesů.

Jak bylo výše zmíněno, pohlavní chromozomy vznikají z autozomů tím, že se na nich usadí gen určující pohlaví. V blízkosti tohoto genu se začnou vázat mutace, které jsou výhodné pro pohlaví, které daný gen určuje a nevýhodné pro pohlaví opačné. Díky vazbě s genem určující pohlaví, si tedy sounáležité výhodné mutace zajistí, že se dostanou do 'svého' pohlaví. Tato pravděpodobnost se zvýší pokud k zamezení rekombinace v této oblasti dojde inverzí, která se rozpíná přes lokus determinující pohlaví a antagonistický lokus.

Možnou teorií, jak pohlavní chromozomy vznikaly je i přechod z hermafrodita ke gonochoristovi. Předpokládá se, že rozdělení pohlaví (gonochorismus) předcházelo vzniku pohlavních chromozomů. Tato teorie je více aplikovatelná na živočichy, jelikož jsou častěji gonochoričtí. Samotný přechod probíhá skrze dvě mutace, kdy každá z nich znevýhodní jedno pohlaví. Potlačením rekombinace mezi těmito chromozomy se tedy předchází ke zpětné hermafrodizaci a právě tak se vyvíjí pohlavní chromozomy.

Další z možností vzniku pohlavních chromozomů se opírá o obrat pohlavních chromozomů, což je jev, kdy dochází ke změně, který chromozomový pár vlastně určuje pohlaví. Zde je gen určující pohlaví translokován na autozom, který ale přenáší pohlavně antagonistický gen. Další například vzniká fúzí ancestrálního pohlavního chromozomu s autozomem za vzniku neopohlavního chromozomu. Zde je potlačení rekombinace způsobeno výhodnou kombinací genů, které mají účinek srovnatelný s heterozygotní výhodou.

Poslední zde zmíněnou teorií je model Ubeda *et al.* (2015) spočívající v metiotickém tahu a lze jej aplikovat na dvoudomé rostliny či gonochoristické druhy živočichů. Na chromozomu se nachází vazba mezi lokusem řídícím meiotický tah a lokusem determinujícím pohlaví. Mutace určující mužské pohlaví je ve vazbě s lokusem řídícím meiotický tah, což způsobuje zkreslení poměru pohlaví. Následně na druhém

chromozomu dojde k mutaci, při níž se objeví recesivní ženská alela. Touto situací se poměr pohlaví vyrovnává. Rekombinace je v tomto případě potlačena, jako prevence homozygotnosti a expresi recesivních alel, které by se mohly seskupit na lokusu řídícím meiotický tah.

Samotné studium těchto teorií je velmi náročné. Je velmi obtížné sestavit experiment, který by byl průkazný pouze pro jednu teorii ať už například kvůli překrývání evolučních podmínek nebo přestože jsou procesy přítomny, je složité je ověřit. V neposlední řadě si také musíme připustit, že různé procesy mohou probíhat i po vytvoření chromozomů.