

u upírů sestávají ze samice) poskytuje, pro ni nemá takovou cenu jako pro obdarovanou. V případě, že nebude mít příští noci úspěch, bude pro ni však podobný dar nesmírným přínosem. Jestliže by však nyní odmítla podělit se o svou kořist, moc by si svou zradou nepomohla, pokud by jí to prošlo. Podmínka „pokud by jí to prošlo“ má samozřejmě význam jenom v případě, že netopýři hrají strategii typu „půjčka za oplátku“. K potvrzení této možnosti však musíme ověřit ještě další podmínku.

Důležité je totiž ještě zjistit, zda jsou tito netopýři schopni poznat jeden druhého. Wilkinson to prokázal experimentem s netopýry v zajetí. Vzal vždy jednoho netopýra stranou a nechal jej vyhladovět, zatímco ostatní nakrmil. Hladového nešťastníka pak Wilkinson vrátil na nocoviště a pozoroval, kdo, pokud někdo, mu poskytne potravu. Experiment mnohokrát opakoval s různými jedinci v roli hladovějící oběti. Klíčovým bodem bylo, že tato umělá populace netopýrů byla směsí dvou oddělených skupin z jeskyní vzdálených několik mil. Jsou-li tedy netopýři s to rozpoznávat své přátele, pak by pokusně vyhladovělý netopýr měl být vždy krměn druhy z jeho původní jeskyně.

Výsledek nebyl daleko od tohoto očekávání. Z třinácti pozorovaných případů byl ve dvanácti dárcem „starý kamarád“ oběti z původní jeskyně a jenom v jediném „nový kamarád“ z druhé jeskyně. Pravděpodobnost, že by takový výsledek byl dílem náhody, je 1:500. Wilkinson tedy mohl své pozorování uzavřít, že netopýři přednostně krmili své známé.

Upíři jsou dobrým námětem mýtů. Pro milovníky viktoriánské gotiky představují temné síly trýznící obyvatelstvo po nocích a vysávající životodárnou tekutinu, obětující tak nevinné životy k ukojení své žízně. Propojme tuto představu s dalším viktoriánským mýtem, mýtem přírody krvavých zubů a drápů, a spatříme upíry jako dokonalé vtělení nejhlubšího strachu ze světa sobeckých genů. Co se mě týče, jsem ohledně mýtů skeptický. Chceme-li vědět, kde se v tom kterém případě nachází pravda, musíme ji hledat. Darwinovský základ nám neposkytuje detailní vysvětlení ohledně jednotlivých organismů. Přináší nám něco hlubšího a mnohem cennějšího: pochopení principu. Avšak pokud se bez mýtů neobejdeme, pak nám skutečný příběh upírů dává možnost vyprávět odlišné morální poselství. Pro upíry totiž neplatí jenom rčení, že krev není voda. Dovedou se povznést nad pouhé příbuzenské vazby a vytvořit si nové svazky pevného pokrevního bratrství. Upíři se tak mohou stát nositeli přijatelného moderního mýtu o sdílení, mýtu o vzájemné spolupráci. Jsou vhodnými posly příznivé zprávy, že i se sobeckými geny u vesla mohou hodní hoši skončit první.

Dlouhé prsty genu

Samotné srdce teorie sobeckého genu je narušováno nepříjemným napětím. Napětím mezi genem a individuálním tělem jako základním nositelem života. Na jedné straně zde máme okouzující představu nezávislých replikátorů, skákajících jako kamzíci, volně a nespoutaně, z jedné generace do druhé, jen dočasně svázaných ve spotřebních strojích na přežití, představu nesmrtelných šroubovic střídajících nekonečnou posloupnost smrtelníků, s nimiž si razí cestu ke svým odlišným věčnostem. Na druhé straně vidíme jednotlivá těla, celistvé, provázané a nesmírně složité stroje s podezřele jednotnou účelností. Tělo *nevypadá* jako produkt volné a dočasné federace soutěžících genetických činitelů, kteří se sotva stihli seznámit, než se nalodili do spermie či vajíčka pro další úsek cesty ve velké genetické diaspoře. Tělo má jeden jednomyslný mozek a ten řídí jeho údy a smysly za jednotným cílem. Tělo vypadá a chová se jako působivá ukázka samostatného činitele.

V několika kapitolách této knihy jsem uvažoval o jedinci jako o samostatném činiteli, jehož snahou je předat své geny do dalších generací. Představovali jsme si jednotlivé živočichy, jako by dělali složité ekonomické výpočty reprodukčních výhod různých postupů. V jiných kapitolách jsem však základní smysl teorie předkládal z pohledu genů. Žádný jiný pohled nám totiž neukáže důvod, proč by se jedinec měl starat o reprodukční úspěch svůj a svých příbuzných radši než dejme tomu o svou dlouhověkost.

Jak tedy vyřešit tento paradox dvou rozdílných pohledů na život? Můj vlastní pokus o toto řešení obsahuje kniha *The Extended Phenotype (Rozšířený fenotyp)*, kniha, která je největší pýchou a radostí mé profesionální kariéry. Tato kapitola je stručným výtahem několika témat této knihy. Po pravdě řečeno by mi snad bylo milejší, kdybyste se pustili rovnou do čtení *Rozšířeného fenotypu*.

V žádné rozumné představě nepůsobí darwinovský výběr na geny přímo. DNA je navinutá na proteiny, zabalená v membránách, zaštitěná před světem a pro přírodní výběr neviditelná. Kdyby selekce chtěla vybi-

rat přímo mezi molekulami DNA, těžko by pro to našla nějaké měřítko. Všechny geny vypadají stejně, právě tak jako magnetofonové pásky. Podstatné rozdíl mezi geny vyjdou najevo teprve v jejich *projevech*. To většinou znamená účinky na embryonální vývoj, a tedy na tělesnou stavbu a chování. Úspěšné geny jsou takové, které v prostředí ovlivněném ostatními geny působí na vývoj embrya, které s těmito geny sdílí. Příznivé znamená, že v důsledku jejich působení se embryo vyvine v úspěšného jedince, schopného pomnožit se a předat právě tyto geny do další generace. Pojem *fenotyp* je používán pro soubor tělesných vyjádření genu, účinků, které měl tento gen na rozdíl od svých alel na tělo prostřednictvím zárodečného vývoje. Fenotypovým projevem genu může být řekněme šedá barva očí. V praxi má většina genů více než jeden fenotypový projev, třeba zelené oči a vlnité vlasy. Přírodní výběr upřednostňuje některé geny oproti jiným nikoli pro jejich vlastní podstatu, ale pro důsledky jejich přítomnosti v organismu, jejich fenotypový projev.

Darwinisté obvykle uvažují o genech, jejichž účinky prospívají nebo škodí přežití a reprodukci celých těl. Vyhýbají se však úvahám o přínosu pro geny samotné. To je částečný důvod, proč v naší teorii přítomnost paradoxu většinou nepocítujeme. Gen může být například úspěšný tím, že zvýší rychlost predátora. Celé tělo predátora se všemi jeho geny tak bude úspěšnější, protože bude běhat rychleji. Rychlost mu umožní přežít do reprodukčního věku a tak vytvořit množství kopií všech svých genů a ty – včetně genu pro rychlost – přejdou do dalších generací. Zde se paradoxu pohodlně vyhneme, protože co je dobré pro jeden gen, je dobré pro všechny.

Co kdyby však gen měl takový fenotypový projev, který by byl výhodný pouze pro něj a škodil by ostatním genům? To není žádné blouznění. Takové případy jsou známy, například velmi zajímavý jev označovaný jako meiotický tah. Meióza, jak si jistě pamatujete, je speciální druh buněčného dělení, při němž vznikají jádra s polovičním počtem chromozomů – jádra spermií a vajíček. Normální meióza je zcela poctivá loterie. Z páru alel se do určitého vajíčka nebo spermie může dostat jen jedna. Pro obě však platí stejná pravděpodobnost, že to bude právě ona, a kdybyste prozkoumali větší množství gamet daného jedince, zjistili byste, že přibližně polovina obsahuje jednu a polovina druhou alelu. Meióza je poctivá jako házení mincí. Ale i přislovečně náhodné házení mincí je ve skutečnosti fyzikální proces ovlivněný řadou okolností – silou větru, jak moc do mince cvrknete a podobně. Meióza je rovněž fyzikální proces a může být ovlivněna geny. Co by se stalo, kdyby se objevil mutantní gen, který by místo nějakého zjevného znaku, třeba barvy očí nebo vlni-

tosti vlasů, ovlivňoval samotnou meiózu? Předpokládejme, že by získal schopnost ovlivnit meiózu tak, aby skončil ve vajíčku s vyšší pravděpodobností než jeho alelický protějšek. Takové geny existují a nazývají se deformátory segregace (segregation distorter). Jejich úspěšnost je ďábelky jednoduchá. Kdykoli se deformátor segregace objeví, neodvratně se rozšíří v populaci na úkor své alely. Tomu říkáme meiotický tah. Stane se tak i v případě, že účinky takového genu ohrožují tělo a ostatní geny.

V této knize jsme věnovali pozornost způsobům, jak mohou jednotlivé organismy podvádět své spolence. Zde máme před sebou jednotlivé geny, které „podvádějí“ ostatní geny, s nimiž sdílí jedno tělo. Genetik James Crow je nazval „geny, které pobily systém“. Jeden z neznámějších deformátorů segregace je *t* gen u myši. Myš, která nese dva geny *t*, je buď sterilní, nebo se nedožije dospělosti. Gen *t* je tedy takzvaně letální v homozygotním stavu. Pokud myši samec nese pouze jeden *t* gen, tak je to normální zdravý jedinec lišící se od ostatních pouze v jediném ohledu. Když prozkoumáte jeho spermie, zjistíte, že 95 % z nich nese *t* gen a jen 5 % normální alelu. To je zjevně velká odchylka od očekávaných 50 %. Kdekoli se v divoké populaci objeví v důsledku mutace alela *t*, okamžitě se rozšíří rychlostí stepního požáru. Jak by ne, když má v meiotické loterii tak velkou nepoctivou výhodu. Velmi brzy se začnou objevovat jedinci s dvojitou dávkou *t* genu (tedy od obou rodičů). Tito jedinci umírají nebo jsou sterilní a celá populace se brzy ocitne na pokraji záhuby. Existují důkazy, že některé divoké populace myši v minulosti vyhynuly v důsledku epidemii *t* genů.

Ne všechny deformátory segregace mají tak ničivé vedlejší účinky jako gen *t*, nicméně většina z nich nějaké nepříjemné důsledky má. (Většina vedlejších účinků mutací je nepříznivá a nové mutace se mohou rozšířit pouze tehdy, jsou-li jejich nežádoucí účinky vyváženy jejich dobrými vlastnostmi. Pokud jak špatné, tak dobré účinky působí na tělo, celkový výsledek může být pro tělo dobrý. Působí-li však špatné účinky na tělo a dobré pouze ve prospěch genu, celkově to pro tělo dopadne vždy špatně.) Jestliže mutací vznikne segregací deformátor, pak se rozšíří bez ohledu na své nepříznivé účinky. Přírodní výběr (který skutečně pracuje na úrovni genů) segregací deformátor upřednostní, přestože jeho účinky na úrovni organismu budou nejspíše špatné.

Segregací deformátory nejsou příliš časté. Můžeme se ptát proč, ale znamená to pouze ptát se jinak, proč je meióza většinou poctivě náhodná a stejně přísně nestranná jako házení mincí. Zjistíme, že odpověď se vynoří ve chvíli, kdy si ujasníme, proč organismy vůbec existují.

Biologové berou existenci organismů za danou věc, nejspíše proto, že

jejich části do sebe zapadají tak jednotným a provázaným způsobem. Otázky ohledně života jsou tradičně otázkami ohledně organismů. Biologové se ptají, proč organismy dělají to či ono. Hodně pozornosti věnují otázce, proč se organismy sdružují do společenstev. Méně se však ptají – přestože by měli –, proč se vůbec živá hmota sdružuje do podoby organismů. Proč už moře není tím původním bitevním polem nezávislých replikátorů? Proč se pradávne replikátory spojily, aby vytvořily a obývaly těžkopádné roboty, a proč jsou tito roboti – jako vy a já – tak komplikováni?

Radě biologů dělá potíže všimnout si, že takové otázky vůbec existují. To proto, že klást otázky na úrovni organismu je pro ně druhá přirozenost. Někteří z nich jdou dokonce tak daleko, že chápou DNA jako nástroj používaný živočichy k rozmnožování, tak jako oko je nástrojem k vidění! Čtenáři této knihy už jistě chápou, jak hluboký je to omyl. Je to skutečnost postavená na hlavu prudkým třisknutím. Čtenáři však také poznají, že alternativní přístup, pohled sobeckého genu, přináší jiný hluboký problém, téměř zrcadlový k předchozímu. Proč vlastně organismy existují a jsou tak velké a provázané, že to biologie svádí k převrácenému chápání skutečnosti? Abychom tento problém mohli řešit, musíme opustit svou mysl od starých přístupů, které podvědomě chápou organismus jako něco zaručeného, jinak těžko postihneme podstatu problému. Nástroj, jehož pomocí můžeme naše mysl pročistit, je představa rozšířeného fenotypu. A na ni a její význam se nyní zaměříme.

Fenotypové projevy genu obvykle tradiční definice chápe jako souhrn jeho účinků na organismus. Jak však uvidíme dále, na fenotypové projevy genu je nutno pohlížet jako souhrn *všech účinků, které má na svět*. Je možné, že projevy určitého genu budou omezeny jen na posloupnost těl, v nichž přebývá. To je však pouze jedna z možností, na kterou nemusíme naši definici omezovat. Nezapomínejme přitom na to, že fenotypové projevy genu jsou jenom nástroje, které ho vyzdvihují do další generace. Vše, co k tomu dodávám, je, že tyto nástroje mohou přesahovat tělesnou schránku. Co to může znamenat v praxi, když hovoříme o fenotypových projevech genu na svět vně těla, v němž se nachází? Na mysl mi přicházejí útvary jako bobří hráze, ptačí hnízda nebo schránky larev chrostíků.

Chrostíci jsou nenápadný, bezvýrazný hnědý hmyz. Většina z nás si ho při jeho letech nad řekou ani nevšimne. Tak je tomu u dospělců. Avšak předtím, než se objeví jako dospělci, procházejí chrostíci poměrně dlouhými larválními stadii na dně řek. Larvy rozhodně nezajímavé nejsou. Patří k nejpozoruhodnějším stvořením na Zemi. Larvy chrostíků si malou vlastní výroby dovedně lepí válcovité schránky z materiálu, který se

sbírají na dně. Schránka je jako obytný vůz, který si chrostík nosí s sebou tak jako hlemýžď nebo krab poustevníček ulitu, s tím rozdílem, že chrostík si ji musí zbudovat, nenaroste mu sama ani ji někde nenajde. Pro některé druhy je stavebním materiálem jehličí, pro jiné kousky listů a pro další zas malé ulity plžů. Snad nejpůsobivější jsou však larvy, které si stavějí své ulity z kamínků. Pečlivě je vybírají, aby nebyly ani příliš velké, ani příliš malé, a dokonce je zkoušejí i otáčet, aby zjistily, zda budou pasovat do díry, kterou je třeba zaplnit.

Proč ale právě tohle na nás dělá takový dojem? Kdybychom se nad věci zamysleli s jistým odstupem, pak by nám jistě musela připadat působivější architektura chrostíkova oka nebo končetin než poměrně nedbalá architektura jeho domečku. Nakonec oko i končetiny jsou mnohem komplikovanější a „pracovanější“ než schránka. Nicméně možná právě proto, že oko i končetiny se vyvinuly podobným způsobem jako u nás, stavebním procesem, za něž si nemůžeme přičítat žádnou zásluhu, nás (logice navzdory) více okouzlují domeček.

Když už jsem zašel takhle daleko, nemohu odolat zajít ještě o krok dál. I když na nás domečky chrostíků jistě učinily dojem, není to nic ve srovnání s tím, jak by na nás zapůsobila podobná činnost u druhů nám bližších. Jen si představte palcové titulky, jaké by se nepochybně vyrojily, kdyby oceánografové objevili druh delfína, který by tkal rybářské sítě dvacetkrát větší, než je sám! Přesto pavučiny považujeme za samozřejmost, a to spíše nepříjemnou, pokud nám „zdobí“ byt, než za jeden ze zázraků tohoto světa. Už vidím, jaký rozruch by vyvolalo, kdyby se Jane Godallová vrátila z Afriky s fotografiemi divokých šimpanzů budujících si vlastní obydlí s nepropustnou střechou a dobrou izolací, obydlí z pečlivě vybraných kamenů, přesně sesazených k sobě. A přesto chrostíci, kteří dělají přesně tohle, vyvolávají jen chvilkový zájem. Mnozí by na obhájbu tohoto dvojího metru uvedli, že pavouci a chrostíci přece tvoří svá díla na základě instinktu. No a co? Svým způsobem je to čini ještě zajímavějšími.

Vraťme se však k hlavnímu tématu. Nikdo by nemohl zpochybňovat, že schránky chrostíků jsou adaptací vyvinutou v důsledku darwinovského výběru. Musely jím být upřednostněny stejně jako třeba pevný krunýř korýšů. Je to ochranný kryt těla. Jako takový je výhodou pro organismus a všechny jeho geny. Na výhody pro organismus jsme se však už naučili pohlížet jako na podružné, alespoň co se týče přírodního výběru. Výhody, na nichž záleží, jsou výhody pro ty geny, které dávají krunýři korýšů jeho ochranné vlastnosti. U korýšů jde o obvyklý případ, jejich krunýř je očividně část jejich těla. Ale jak je tomu u schránek chrostíků?

Přírodní výběr zde dal přednost takovým genům, které byly schopny přimět své nositele, aby si stavěli pevné schránky. Tyto geny ovlivňují chování pravděpodobně regulací embryonálního vývoje nervového systému. Projevy těchto genů, které uvidí genetici, jsou však především tvar a vlastnosti schránek. Může popsat geny „pro“ tvar domečku v přesně stejném smyslu jako geny pro tvar končetiny. Dlužno dodat, že genetickou domečků chrostíků se ještě nikdo nezabýval. Abyste se o to mohli pokusit, museli byste je chovat po dlouhé generace v zajetí, a jejich chov je velmi náročný. Abyste si však mohli být jisti, že dnes existují, nebo alespoň v minulosti existovaly, geny ovlivňující rozdíly mezi schránkami chrostíků, jejich genetiku studovat nemusíte. Vše, co potřebujete, je dobrý důvod věřit, že tyto schránky jsou darwinovskou adaptací. V takovém případě musely existovat geny ovlivňující rozdíly mezi schránkami, protože selekce nemůže vést k adaptaci, pokud nemá na výběr z dědičně podmíněných rozdílů.

Přestože to genetici mohou považovat za podivný nápad, má tedy smysl hovořit o genech „pro“ tvar, velikost nebo tvrdost kamenů, které chrostíci vybírají. Genetik, který takové chápání odmítá, musí, aby si neodporoval, zároveň odmítat i představu genů pro barvu očí nebo zvrásnění hrachu. Důvod, proč se tento přístup může zdát podivný v případě kamenů, je, že kameny nejsou živý materiál. Navíc vliv genů na jejich vlastnosti je značně nepřímý. Genetik by mohl tvrdit, že geny přímo ovlivňují nervovou soustavu, která zprostředkovává chování vedoucí k vybírání kamenů, ale nikoli kameny samotné. Takového genetika však vyzývám, aby se pozorně zamyslel, co to znamená říkat, že geny ovlivňují nervovou soustavu. Jediné, co mohou geny přímo ovlivňovat, je syntéza proteinů. Vliv genu na nervovou soustavu, nebo když jsme u toho, na barvu očí či zvrásnění hrachu, je *vždy* nepřímý. Gen kóduje proteinovou sekvenci, ta ovlivňuje *X*, to ovlivňuje *Y*, a to zase *Z*, které nakonec ovlivní zvrásnění hrachu nebo buněčná propojení nervového systému. Domečky chrostíků jsou pouze dalším rozšířením této posloupnosti. Vlastnosti vybraného kamene jsou *rozšířeným* fenotypovým projevem genů chrostíka. Je-li přijatelné mluvit o genech „pro“ zvrásnění hrachu nebo uspořádání nervové soustavy živočicha (a všichni genetici soudí, že je), pak musí být rovněž přijatelné hovořit o genech ovlivňujících tvrdost kamenů ve schránce chrostíka. Je to možná překvapivý závěr, jeho obhajoba je však nevyvrátitelná.

Teď můžeme v naší úvaze postoupit o další krok: geny jednoho organismu mohou mít rozšířené fenotypové účinky na tělo jiného organismu. Schránky chrostíků nám pomohly v předchozím kroku, v tomto nám

pomohou ulity plžů. Ulita má pro plže stejný význam jako kamenný domeček pro larvu chrostíka. Je však produkována přímo buňkami plže, takže konvenční genetik by jistě hovořil o genech „pro“ její vlastnosti, třeba pro tloušťku. Bylo však zjištěno, že plži, na nichž parazitují některé druhy motolic, mají mimořádně tlusté ulity. Co to znamená? Kdyby měl plž napadený parazitem mimořádně tenkou ulitu, ochotně bychom to vykládali jako zjevný oslabující vliv na jeho stav. Ale tlustší ulita? To skoro vypadá, jako by parazit pomáhal svému hostiteli zlepšením jeho ulity. Je to však opravdu pomoc?

Nad tím bychom se měli zamyslet hlouběji. Jestliže jsou tlustší ulity pro plže opravdu výhodnější, proč už je dávno nemají? Odpověď pravděpodobně spočívá v ekonomice. Vytvořit ulitu něco stojí. Neobejde se to bez energie a surovin a ty je nutno získat z těžce dobyté potravy. Pokud by tyto zdroje nebyly spotřebovány na tvorbu ulity, mohou být použity na něco jiného, například na vytvoření početnějšího potomstva. Plž, který vydá příliš mnoho zdrojů na tvorbu výjimečně tlusté ulity, si koupil bezpečnost. Ale za jakou cenu? Může žít déle, ale bude méně úspěšný v reprodukci a nepodaří se mu předat své geny, včetně genů pro tvorbu výjimečně tlusté ulity, do další generace. Ulita zkrátka může být příliš tlustá, právě tak jako příliš tenká. Když tedy motolice způsobí, že plž začne tvořit mimořádně tlustou ulitu, nijak mu tím nepomůže, pokud zároveň nenese ekonomické náklady přidané tloušťky. A můžeme se myslím bezpečně vsadit, že tak štedrá není. Motolice pouze nějakým chemickým mechanismem ovlivňuje plže tak, aby se odchýlil od optimální tloušťky ulity. To sice může plži prodloužit život, jeho genům to však nijak neprospívá.

Jaký zájem na tom však má motolice? Proč to dělá? Mám pro to následující vysvětlení. Z delšího života plže – pokud ostatní okolnosti zůstanou nezměněny – vytěží jak geny plže, tak geny motolice. Jenomže k prodlouženému přežití zde dochází výměnou za pomnožení, z něhož by vytěžily geny plže, a nikoli geny motolice; ta totiž nemůže očekávat, že by její potomstvo skončilo přednostně v potomstvu plže, na němž právě parazituje. Možné to sice je, ale může se to právě tak podařit kterémukoli z jejich konkurentů. Jelikož tedy motolice nemá na pomnožení plže žádný zájem, ráda jej nechá zaplatit tuto cenu za prodloužení jeho života. Genům plže to však nevyhovuje. V jejich dlouhodobém zájmu je, aby se i rozmnožoval. Proto předpokládám, že geny motolice ovlivňují buňky vytvářející ulitu, a tak prospívají sobě na úkor genů plže. Tuto hypotézu lze testovat, nicméně zatím to nikdo neudělal.

Nyní máme možnost zobecnit závěr, který jsme učinili u chrostíků.

Pokud správně chápu, co dělají geny motolice, vyplývá z toho, že tyto geny ovlivňují tělo plže stejně jako jeho vlastní geny. Jako kdyby tyto geny sáhly ven ze svého „vlastního“ těla a pozměnily okolní svět. Stejně jako v případě chrostků i z tohoto výroku budou genetici patrně poněkud nesví, protože jsou zvyklí, že projevy genu jsou omezeny na tělo, v němž se nachází. Ale hlubší zamyslení nad tím, co je myšleno účinky genu, nám opět odhalí, že náš závěr do této představy zapadá. Je pouze třeba souhlasit s tím, že nadměrné ztluštění ulity plže je adaptací pro motolici. Pokud tomu tak je, muselo k němu dojít darwinovským výběrem genů motolic. Ukázali jsme si, že fenotypové projevy genů mohou přesahovat nejen na neživou hmotu, ale i na „jiná“ živá těla. Příběh plžů a motolic je ovšem pouze začátek. O parazitech všech typů je známo, že své hostitele ovlivňují s fascinující zákeřností. Mikroskopický parazitický prvok *Nosema*, který infikuje larvy potěmníků, se naučil produkovat látku, která má u brouků velký význam. Brouci, stejně jako ostatní hmyz, tvoří juvenilní hormon, který je v odpovídajícím údobí udržuje v larválním stadiu. Metamorfóza v dospělce je spuštěna ukončením syntézy juvenilního hormonu larvou. Parazit *Nosema* získal schopnost syntézy sloučeniny blízce příbuzné tomuto hormonu. Miliony jedinců tohoto parazita přítomné v jedné larvě vyprodukují takové množství tohoto hormonu, aby zabránilo metamorfóze v dospělce. Larva místo toho nabude přímo obřích rozměrů a hmotností dvojnásobně převyší hmotnost dospělce. Pro množení genů brouka to dobré není, ale pro parazita je to roh hojnosti. Gigantismus broučích larev je rozšířený fenotypový projev genů prvků.

Existuje však jev, který vyvolá ještě větší dávku freudovské úzkosti než věčně dětští brouci – parazitická kastrace! Na krabech parazituje stvoření jménem kořenohlavec (*Sacculina*). Je to příbuzný vijelšů, přestože na první pohled připomíná parazitickou rostlinu. Má důkladný kořenový systém, zanořený hluboko do tkání nešťastného kraba, jimž vysává živiny z jeho těla. Jistě není žádná náhoda, že napadá nejprve varlata nebo vaječníky a orgány důležité pro přežití kraba si na rozdíl od orgánů rozmnožovacích nechává na později. Kastrovaný krab jako jatečný vepřík investuje nevyužitě zdroje do vlastního růstu, a tak má parazit bohaté zásoby na úkor jeho reprodukce. Zde nabízím stejný výklad jako v předchozích případech. Vždy když připustíme, že změny těla hostitele jsou darwinovské adaptace parazita, musíme tyto změny považovat za rozšířený fenotypový projev genů parazita. Geny tedy sahají ven ze svého těla, aby ovlivnily fenotyp jiných těl.

Zájmy genů parazita a hostitele se z velké části mohou shodovat. Z pohledu sobeckého genu můžeme jak o genech v těle plže, tak o genech

motolice uvažovat jako o parazitech v těle plže. Z ochranné funkce ulity těži obě skupiny, liší se jen v názoru na její optimální tloušťku. Základem pro tuto neshodu je rozdíl ve způsobu, jímž opouštějí tělo plže a získávají nové. Pro geny plže je tímto prostředkem jeho spermie nebo vajíčko, u genů motolice tomu tak není. Aniž bychom zacházeli do detailů (které jsou složité a odvedly by naši pozornost), záleží právě na tom, že geny motolice neopouštějí tělo plže v jeho spermiích nebo vajíčkách.

Za skutečně nejdůležitější otázku ohledně každého parazita považuji to, zda jsou jeho geny předávány do další generace stejným prostředkem jako geny jeho hostitele. Pokud ne, můžeme očekávat, že parazit bude hostitele tím či oním způsobem poškozovat. Ale pokud tomu tak je, pak geny parazita udělají vše, co je v jejich silách, aby svému hostiteli pomohly nejen přežít, ale i množit se. Během evolučního času přestane být parazitem, začne spolupracovat s hostitelem, případně se začlení do jeho tkáň natolik, že jej nakonec nebude možné od něj odlišit. Možná, jak jsem naznačil na straně 166, že naše buňky už takovým procesem jednou prošly, a my jsme pozůstatkem takového pradávného průniku.

Podívejme se, co se stane, sdílejí-li geny parazita výstupní cestu s geny svého hostitele. Na kůrovcích druhu *Xyleborus ferrugineus* parazitují bakterie, které nejenže žijí v jejich těle, ale dokonce i využívají jejich vajíčka k transportu do nového hostitele. Geny takového parazita tedy nejvíce vytěží ze stejného budoucího vývoje jako geny jejich hostitele. Od těchto dvou sad genů tedy lze očekávat, že „potáhnou za jeden provaz“ ze stejných důvodů, jako to obvykle dělají geny jediného organismu. Je zanedbatelné, že jedny geny jsou brouci a druhé bakteriální. Obě sady mají zájem na přežití brouka a jeho rozmnožování, protože obě „považují“ jeho vajíčka za svou cestu do budoucnosti. Bakteriální geny tak sdílejí osud svého hostitele a podle mého výkladu bychom měli očekávat, že se svými brouky budou spolupracovat ve všech otázkách jejich života.

V tomto případě prokazují bakterie broukům službu, pro niž je výraz spolupráce příliš vlažným popisem, spíše by se slušelo mluvit o oboustranné závislosti. Tito brouci jsou haplodiploidní, tak jako mravenci nebo včely (viz 10. kapitola). Oplozené vajíčko se u nich vyvíjí v samici, neoplozené v samce. Samci tedy nemají otce. Vajíčka, z nichž vznikají, se vyvíjejí spontánně, aniž by do nich pronikla spermie. Ale na rozdíl od včel je u těchto brouků nutný náhradní podnět. A to je úkol pro jejich bakterie, schopné vajíčko podráždit a aktivovat je k vývoji v samce. Tyto bakterie jsou druhem parazita, který – jak jsem vyložil – by se už měl parazitismu vzdát a stát se mutualistou, právě proto, že jeho geny přecházejí do další generace ve vajíčku hostitele, společně s jeho geny. Krajní možností je,

že se „vlastní“ těla bakterií vytratí a úplně se začlení do organismu hostitele.

Několik různých stupňů podobných vztahů bychom našli mezi druhy rodu nezmar, malého přisedlého sladkovodního živočicha s chapadly, připomínajícího mořskou sasanku. V jejich tkáních parazitují řasy. U nezmara obecného jde o skutečné parazity poškozující hostitele. U nezmara zeleného jsou však řasy vždy přítomné a prospívají mu tím, že mu poskytují kyslík. Zajímavé je to, že přesně podle našeho očekávání se u nezmara zeleného řasy přenášejí do další generace spolu s vajíčkem nezmara, na rozdíl od předchozího druhu. U nezmara zeleného a řas mají geny společné zájmy. Obě skupiny dělají, co je v jejich silách, pro zvýšení produkce vajíček. Geny nezmara obecného si s geny řasy rozumějí méně. Neshoda však není úplná. Obě sady mají zájem na přežití těla nezmara. Avšak jen jeho geny mají též zájem na jeho rozmnožování. Geny řasy tedy zůstávají poškozujícím parazitem, místo aby se vyvíjely k neškodné spolupráci. Znovu opakují hlavní poselství, že parazit, jehož geny sdílejí osud s geny jeho hostitele, a tedy sdílejí všechny jejich zájmy, může případně upustit od parazitického chování.

Osud v tomto případě znamená budoucí generace. Geny nezmara zeleného a řasy, geny brouka i bakterie se mohou do budoucnosti dostat pouze prostřednictvím vajíčka hostitele. Proto se všechny „výpočty“ parazita ohledně optimálního postupu v kterékoli stránce života budou přesně nebo téměř přesně blížit optimálnímu postupu vypracovanému geny hostitele. Plž a motolice, jak jsme viděli, dávají přednost různé tloušťce ulity. V případě kůrovce a jeho bakterie se obě sady genů shodnou na délce křídel brouka i ostatních vlastnostech jeho těla. Můžeme to předpovědět, aniž bychom věděli, k čemu budou tato křídla nebo jiné orgány sloužit, čistě na základě úvahy, že geny brouka i bakterie udělají cokoli pro dosažení téhož výsledku – podmínek vhodných pro vytvoření co největšího počtu vajíček.

Logický závěr tohoto myšlenkového pochodu můžeme vztáhnout i na normální, „vlastní“ geny. Naše vlastní geny nespolupracují proto, že *jsou* naše, ale protože mají společnou cestu do budoucna – naše spermie nebo vajíčka. Pokud by kterýkoli gen v organismu, jako je třeba člověk, našel jiný způsob rozmnožování, nezávislý na této obvyklé cestě, využil by ho a zároveň by polevil ve své ochotě spolupracovat s ostatními geny. Stalo by se tak proto, že by pro něj byla výhodná jiná budoucnost než pro ostatní geny v těle. Už jsme viděli, že některé geny dovedou ovlivnit meiózu ve svůj prospěch. Možná jsou i geny, které se z klasického způsobu vajíčko – spermie vymanily úplně a prokrestily si postranní cestu.

Existují fragmenty DNA, které nejsou začleněny v chromozomech, ale volně plavou a množí se v tekutém obsahu buněk, zvláště pak bakteriálních. Jmenují se různě, například viroidy nebo plazmidy. Plazmid je ještě menší než virus a obvykle nese jen několik genů. Některé plazmidy jsou schopny začlenit se do chromozomu. Plazmid pak nerozeznáte od jiné části chromozomu, spojení je úplně stejné jako mezi jeho ostatními nukleotidy. Tytéž plazmidy jsou i s to se z chromozomu vyštěpit. Tato schopnost DNA rozštěpit se a opět spojit, skákat ven z chromozomu a zase zpátky je jedním z nejvíce vzrušujících objevů od té doby, kdy byla tato kniha poprvé vydána. Současné poznatky o plazmidech mohou být vlastně považovány za překrásný podpůrný důkaz spekulací z konce strany 167 (které ve své době vypadaly jako poněkud divoké). Z určitého pohledu není důležité, zda tyto fragmenty byly původně plazmidy, nebo zda jsou to odtrhnutí se rebelové. Jejich očekávané chování by bylo stejné. Pro zdůraznění své myšlenky budu hovořit o odtrhnutím se fragmentu.

Představte si rebelský úsek DNA, který je schopen vyskočit z chromozomu, volně se plavit v buňce, možná se i pomnožit a poté vkloznout do jiného chromozomu. Jakých neortodoxních alternativních cest do budoucnosti může takový rebel využít? Z naší pokožky se neustále odlupují povrchové buňky; většina prachu v našich domech je tvořena právě těmito oloupanými buňkami. Nepochybně tak stále vzájemně vdechujeme buňky našich spolubydlicích. Když si přejedete nehtem po jazyku, jistě seškrábnete stovky živých buněk sliznice. Polibky a jiné něžnosti milenců se jistě zaslouží o přenos stovek buněk oběma směry. Úsek rebelské DNA by se mohl svézt v kterékoli z těchto buněk. Objeví-li geny možnost neortodoxní cesty do jiného těla (souběžnou nebo náhradní k ortodoxní cestě spermie a vajíčka), musíme očekávat, že přírodní výběr podpoří jejich oportunistus a vylepší je. Co se týče jejich metod, není důvod, aby se výrazně lišily od manipulací – zcela předpověditelných pro teoretika v oblasti sobeckého genu a rozšířeného fenotypu –, které používají viry.

Máme-li chřipku nebo kašel, obvykle považujeme symptomy za nepříjemné vedlejší projevy infekce. V některých případech se však zdá, že tyto jevy jsou záměrně vyvolány virem, aby mu pomohly k jeho přemístění z jednoho hostitele do druhého. Viry nebyly spokojeny s tím, že je nemocní pouze vydechují do svého okolí, a tak si vymyslely, jak je přinutit k prudkému kýchní nebo kašli. Virus vztekliny je přenášen slinami, když nakažený živočich kousne jiného. U psů je jedním z projevů infekce to, že obvykle přátelští a mírumilovní jedinci začnou zuřivě kou-

sat s pěnou u huby. Velmi příznačně se též z usedlých zvířat, zdržujících se nejdále pár kilometrů od domova, stanou neposední tuláci, kteří tak šíří virus co nejdále. Bylo dokonce navrženo, že hydrofobní symptom, známý u této nemoci, by mohl sloužit k tomu, aby psa nutil otřepávat si sliny a tak virus dále šířit. Nevím o žádných přímých důkazech, že by pohlavně přenosné choroby zvyšovaly libido, ale domnívám se, že by stálo za to po nich pátrat. Španělské mušky, údajně afrodisiakum, prý účinkují tak, že vyvolávají svrbění, a v tom jsou viry rovněž celkem úspěšné.

Srovnání rebelantské lidské DNA s infekčními viry naznačuje, že mezi nimi není žádný podstatný rozdíl. Viry také mohly původně vzniknout ze sbírky takových odpadlických genů. Chceme-li vytyčit nějakou hranici, měla by spíše oddělovat geny, které jako cestu do dalšího těla používají ortodoxní cestu vajíček a spermií, od těch, které sázejí na neortodoxní „boční“ cesty. Obě skupiny mohou obsahovat geny, které byly původně „vlastními“ chromozomálními geny. Obě skupiny mohou však obsahovat i geny, které původně byly parazity vniknuvšími zvenku. Možná, jak jsem spekuloval na straně 166, by měly být i všechny „vlastní“ chromozomální geny považovány za parazity. Důležitý rozdíl mezi výše vytyčenými skupinami spočívá v tom, z jakých budoucích událostí mají prospěch. Chřipkový virus se s osamostatněným lidským genem shoduje v tom, že oba chtějí, aby člověk kýchal. Ortodoxní chromozomální gen se shodne s genem pohlavně přenosného patogena v zájmu na tom, aby jejich nositel kopuloval. Okouzující je myšlenka, že oběma také záleží na tom, aby byl sexuálně přitažlivý. Ortodoxní chromozomální gen pak dosáhne největší shody s virem, který je předáván v jeho vajíčku, neboť oběma bude záležet na tom, aby jejich hostitel byl úspěšný nejen v páření, ale i v každém ohledu svého života, včetně toho, aby byl starostlivým rodičem, či dokonce prarodičem.

Chrostici žijí uvnitř svých schránek a paraziti, jimž jsem se dosud věnoval, uvnitř svých hostitelů. Jejich geny jsou tedy téměř stejně blízko svým rozšířeným fenotypům, jako jsou jiné geny vzdáleny od svých konvenčních fenotypů. Geny však mohou působit na dálku; rozšířený fenotyp může být i velmi rozšířený. Nejdělsí, na nějž si právě vzpomínám, má rozměry jezera. Stejně jako pavučina nebo schránka chrostíka, patří i bobří hráz k pravým divům světa. Nevíme přesně, jaký je její darwinovský účel, ale jistě nějaký mít musí, vždyť bobří na její stavbu vynakládají spoustu času a energie. Jezero vytvořené touto hrází nejspíše chrání bobří hrad před predátory. Zároveň poskytuje i pohodlnou cestu pro přepravu klád. Bobří je využívají pro vodní dopravu právě tak, jako kanadské dřevařské společnosti využívají řeky nebo obchodníci s uhlím v 18. století využívali

kanály. Ať už je jejich význam jakýkoli, bobří hráže jsou výrazným a podivuhodným prvkem krajiny. Zároveň jsou však fenotypem, a to o nic menším než například bobří řezáky nebo ocas, a vyvinuly se pod tlakem darwinovského výběru. Darwinovský výběr potřebuje genetickou variabilitu, aby si mohl vybírat, v tomto případě mezi vhodnými a méně vhodnými jezery. Výběr upřednostnil bobří geny, které vytvářely jezera dobrá pro transport stromů, právě tak jako zvýhodňoval geny, které vytvářejí zuby dobré pro jejich kácení. Bobří hráže, které jsou rozšířeným fenotypovým projevem bobřích genů, mohou dosahovat rozměrů až stovek metrů. Vskutku dlouhý dosah!

Ani paraziti nemusí nutně žít uvnitř svých hostitelů a jejich geny mohou na hostitele působit na dálku. Kukaččí mláďata nežijí uvnitř červenky či rákosníka, nesají jim krev ani neužirají tkáň, a přesto se nerozmyšlíme nazvat je parazity. Kukaččí adaptace zaměřená na ovlivnění chování budoucího adoptivního rodiče může být chápána jako rozšířený fenotypový projev kukaččích genů.

Naše pochopení pro adoptivní rodiče vmanipulované do péče o kukaččí vejce je na místě. I sběratele ptačích vajec může oklamat jejich podobnost s vejci lindišky či rákosníka (různé rasy kukaček se specializují na parazitování na různých druzích pěvců). Co je už méně pochopitelné, je chování adoptivních rodičů ke konci sezony, když jsou mladé kukačky téměř vzletné. Kukačka je obvykle mnohem, často až groteskně, větší než její „rodič“. Mám po ruce fotografii dospělé pěvušky, tak drobné ve srovnání se svým obřím adoptivním potomkem, že mu musí stát na zádech, aby jej vůbec mohla krmit. Tady už máme pro hostitele méně pochopení, spíše se podivujeme jeho hlouposti a bezelstnosti. I nejposlednějšímu hlupákovi by přece mělo být jasné, že s tímhle otesánkem je něco v nepořádku.

Myslím si, že kukaččí mláďata musí dělat něco více než jen „mást“ své hostitele, něco více než jen předstírat, že jsou něčím, čím ve skutečnosti nejsou. Zdá se, že jsou schopna působit na nervový systém hostitele podobně jako návyková droga. To bychom už chápat mohli, dokonce i ti z nás, kdo zkušenost s návykovými drogami nemají. Muž může být vzrušen, dokonce až k erekci, pohledem na fotografii ženského těla. Nemusí tím být „přelstěn“ tak, aby se domníval, že jde o skutečnou ženu. Ví, že se dívá pouze na fotografii, ale jeho nervový systém přesto reaguje jako v přítomnosti ženy. Některé příslušnice opačného pohlaví můžeme shledávat neodolatelně přitažlivými i tehdy, když si uvědomujeme, že vztah s nimi není v našem dlouhodobém zájmu. Totéž platí o neodolatelnosti nezdravého jídla. Pěvuška si neuvědomuje své dlouhodobé zájmy, a tak

je ještě snazší porozumět tomu, že pro ni mohou být určité podněty neodolatelné.

Červený jícen kukaččího mláděte je tak vábivý, že ornitologové byli nezřídka svědky toho, jak ptáci krmí kukaččí mládě sedící v cizím hnízdě! Takový pták je na cestě domů a nese potravu svým mláďatům. Pojednou však koutkem oka spatří obří červený jícen mladé kukačky v hnízdě jiného ptáka, často i jiného druhu. To jej odvádí k cizímu hnízdu, kde do kukaččího jícnu dá potravu původně určenou pro jeho vlastní mláďata. Tato „teorie neodolatelnosti“ odpovídá představám raných německých ornitologů, kteří chování adoptivních rodičů popisovali jako vztah „závislých“ vůči „návykové látce“, kterou zde představuje mladá kukačka. Dlužno dodat, že některé pozdější experimenty už této představě tolik neodpovídají. Je však nepochybné, že budeme-li o zobáku kukaččího mláděte uvažovat jako o abnormálně silném podnětu, který účinkem připomíná drogu, usnadní nám to vysvětlení věci. Umožní nám to pochopit chování malého ptáka na zádech jeho obřího „svěřence“ a poznat, že není hloupý. Dokonce ani „obelstěný“ není odpovídající výraz. Jeho nervový systém je ovládán tak důkladně, jako by byl bezmocně závislý na droze nebo jako by kukaččí mládě bylo experimentátorem zapojujícím elektrody do jeho mozku.

Avšak i přesto, že máme teď více osobního pochopení pro ovlivněného hostitele, se stále musíme ptát, proč přírodní výběr dovolí, aby to kukačkám prošlo. Proč se u nervového systému hostitele nevyvinula odolnost vůči rudému jícnu? Možná na to ještě nebylo dost času. Možná že kukačky začaly na svých současných hostitelích parazitovat v nedávné době a že za několik století budou nuceny se jich vzdát a najít si nové oběti. Existují důkazy, které takový pohled podporují. Domnívám se však, že je zde ještě hlubší důvod.

V evolučním „závodě ve zbrojení“ mezi kukačkami a jejich hostiteli je totiž vestavěna jistá nespravedlnost, spočívající v nerovné ceně za selhání. Každé kukaččí mládě je potomkem dlouhé linie předků, z nichž každý musel v minulosti úspěšně „obelstít“ své pěstouny. Kterákoli kukačka, která nad nimi, byť chvilkově, ztratila kontrolu, zahynula. Naproti tomu pěstoun může pocházet z linie, která se s kukačkou nikdy nesetkala. A i ti, kdo měli kukačku v hnízdě a podlehli její manipulaci, mohli vychovat vlastní mláďata v další sezoně. V tom spočívá nesouměrnost v ceně za selhání. Geny neúspěšné v obraně proti ztročení kukačkou mohly být generacemi červenek a lindušek snadno předávány dále. Geny neschopné ztročování pěstounů však nemohly být předávány generacemi kukaček. To jsem měl na mysli onou vestavěnou

nespravedlností. Tento princip je shrnut v jedné z Ezopových bajek: „Králík utíká rychleji než liška, protože králík běží o život, zatímco liška jenom o oběd.“ Spolu s kolegou Johnem Krebsem to nazýváme „princip života a oběda“ (life/dinner principle).

V důsledku tohoto principu mohou být zvířata občas manipulována jinými zvířaty tak, že jednají jinak, než by bylo v jejich zájmu. Při bližším pohledu však zjistíme, že takové chování odpovídá jejich dlouhodobému zájmu, „princip života a oběda“ nám zde naznačuje, že by mohli manipulaci vzdorovat, ale vznik takové schopnosti by byl příliš drahý. Na to, aby se pták nedal oklamat kukaččím vejcem, by třeba mohl potřebovat větší oči nebo mozek, což by si vyžádalo více energie. Jedinci se schopnosti vzdorovat manipulaci by tedy mohli být v přírodním výběru znevýhodněni ekonomickou náročností této odolnosti.

Znovu jsme zde však sklouzli do úvah o životě z pohledu organismu namísto genů. Když jsme hovořili o motolicích a plžích, osvojili jsme si představu, že geny parazita mohou ovlivňovat hostitele úplně stejným způsobem jako jeho vlastní geny. Ukázali jsme si, že sama představa „vlastního“ těla je předpojatá. Určitým způsobem lze všechny geny v těle považovat za parazitické, ať už je nazýváme vlastními nebo ne. Kukačky jsme do diskuse zahrnuli jako příklad parazita, který nežije uvnitř těla svého hostitele. Ovlivňují jej však stejně jako vnitřní paraziti a toto ovlivňování je, jak jsme viděli, stejně silné jako účinek drogy či vlastního hormonu. Stejně jako v případě vnitřních parazitů bychom nyní měli přeformulovat celou záležitost v pojmech genů a rozšířených fenotypů.

V evolučním závodě ve zbrojení mezi kukačkami a jejich hostiteli mají pokroky na obou stranách podobu vzniku nových mutací a jejich upřednostňování přírodním výběrem. Kterákoli vlastnost kukaččího jícnu, která mu dodává schopnost působit jako droga na nervový systém hostitele, musela vzniknout jako genetická mutace. Tato mutace může působit prostřednictvím svého účinku na barvu a tvar jícnu. Ale ani toto není její bezprostřední projev. Bezprostředně ovlivňuje chemické děje uvnitř buňky. Vliv na barvu a tvar jícnu je nepřímý. Podstata mého názoru je v tom, že účinek těchto genů na chování hostitele je jen o něco více nepřímý. Úplně stejným způsobem jako můžeme hovořit o (fenotypových) projevech kukaččích genů na barvu a tvar jícnu mláděte, můžeme hovořit i o jejich (rozšířených fenotypových) účincích na chování hostitele. Geny parazita tedy mohou působit na hostitele nejenom, když parazit žije v jeho těle a může jej ovlivňovat přímým chemickým působením, ale i v případě, že parazit je od něj oddělen a ovládá jej na dálku. Jak hned uvidíme, na dálku lze ovládat i chemickými prostředky.

Kukačky jsou pozoruhodná a poučná stvoření. Avšak téměř každý div ze světa obratlovců může být překonán jevem vyskytujícím se u hmyzu. Snad je to tím, že hmyzích druhů je tolik, že to mého kolegu Roberta Maye vedlo k výstižné poznámce, že „s velmi dobrým přiblížením může-me tvrdit, že všichni živočiškové patří do třídy hmyzu“. Hmyzí „kukačky“ nelze vyčíslit, je jich příliš mnoho a jejich způsoby jsou nepřehledné a proměnlivé. Některé z příkladů, které si uvedeme, naše kukačky daleko překonávají a naplňují nejdívočejší představy, které by mohla inspirovat kniha *Rozšířený fenotyp*.

Kukačka snese své vajíčko a odletí. Některé mravenčí „kukačky“ se uchylují k daleko dramatičtějšímu postupům. Latinským názvům se snažím vyhýbat, nicméně postavami následujícího příběhu jsou mravenci druhů *Bothriomyrmex regicidus* a *Bothriomyrmex decapitans*, které – pokud je mi známo – jiné jméno nemají. Oba druhy parazitují na jiných druzích mravenců. U mravenců nekrmí larvy jejich rodiče, ale dělnice, které ten, kdo by zde chtěl použít kukaččí způsoby, musí oklamat. Užitečným prvním krokem je zbavit se královny hostitelského druhu. U obou parazitických druhů se tedy jejich královna sama vkrade do mraveniště hostitelského druhu. Zde vyhledá královnu, zavěsí se jí na záda a v tichosti vykoná, jak praví vyumělkovaně hrůzostrašná poznámka Edwarda Smitha, „ten čin, k němuž je jedinečně vybavena: pomaloučku odřeze hlavu své oběti“. Vražedkyni poté adoptují osiřelí dělníci a bez nejmenšího podezření začnou pečovat o její vajíčka a larvy. Některé larvy jsou pak vychovány v dělnice a postupně převezmou úlohu dělnic původních. Jiné se stanou královnami a odletí, aby vyhledaly nová loviště a královské hlavy, které zatím ještě sedí na svých místech.

Řezání hlav je však námaha. Paraziti nejsou zvyklí namáhat se, mohou-li někoho donutit, aby je zastoupil. Mým oblíbeným příkladem z Wilsonovy knihy *The Insect Societies (Hmyzí společenstva)* je *Monomorium santschii*. Tento druh v průběhu evoluce ztratil svou dělnickou kastu úplně. Hostitelské dělnice pro něj dělají vše včetně úkolu nejtěžšího: na příkaz vniknuvší královny totiž sami provedou vraždu vlastní matky. Samice přebírající moc tedy nemusí používat své čelisti. Používá manipulaci nervové soustavy. Jak to dělá, je záhadou, ale nejspíše chemickými prostředky, nervový systém mravenců je totiž obecně velmi citlivý na chemické signály. Je-li její zbraň skutečně chemická, pak je stejně rafinovaná jako kterýkoli produkt vojenského výzkumu. Uvažme jen, co dokáže. Zaplaví mozek mravenčí dělnice, zmocní se vlády nad jejím svalstvem, vytrhne jí z hluboce zakořeněných povinností a obrátí ji proti vlastní matce. Matkovražda je z hlediska dělnic reprodukční sebevražda a účinnost pro-

středku, který je schopen je k ní donutit, musí být ohromující. Ve světě rozšířeného fenotypu se neptejte, jak chování živočicha prospívá jeho genům, ale spíš genům koho prospívá.

Nijak nepřekvapuje, že mravenci jsou využíváni parazity, a to nejen jinými mravenci, ale i ohromujícím zvěřincem specializovaných darmožroutů. Mravenci sbírají potravu z obrovského území a shromažďují ji do centra, jež se tak stává cílem příživníků. Mravenci jsou také dobrým prostředkem ochrany – jsou početní a dobře vyzbrojeni. O mšicích z 10. kapitoly by se dalo říci, že si za svůj nektar najímají profesionální tělesné strážce. Mnoho druhů motýlů prožívá stadium housenky v mraveništi. Některé jako obyčejní vetřelci, jiné mravencům za ochranu něco poskytnou na oplátku. Velice často jsou vybaveny prostředky k manipulaci svých ochránců. Housenka pestrobarvce petrklíčového má na hlavě orgán produkující zvuk k přivolávání mravenců a v blízkosti zadečku pár zatažitelných výpustí, které vylučují omamný nektar. Na zádech má další pár výpustí, jejichž produkt má ještě zajímavější účinek. Není to potrava, nýbrž tekavá tekutina s dramatickým účinkem na chování mravenců. Ovlivněný mravenec začne být daleko útočnější než obvykle a napadá vše kolem sebe, až na housenku, která mu drogu dodala. Navíc se mravenec pod vlivem housenky dostává do závislého stadia a po řadu dní se od ní nevzdaluje. Housenka tedy stejně jako mšice využívá mravence jako osobní strážce, s tím rozdílem, že zatímco mšice spoléhají pouze na přirozenou agresivitu mravenců vůči predátorům, housenka jim dodává drogu, která jejich agresivitu zvyšuje a zároveň je udržuje v její blízkosti.

Uvádím zde jen krajní případy manipulace. Příroda však překypuje zvířaty i rostlinami, které manipulují příslušníky svého i jiných druhů mírnějšími způsoby. Ve všech případech, kdy přírodní výběr upřednostnil geny pro takovou manipulaci, lze oprávněně mluvit o tom, že tyto geny mají (rozšířeně fenotypové) účinky na manipulovaný organismus. Nezáleží na tom, ve kterém těle se příslušný gen fyzicky nachází. Cílem jeho účinku může být totéž tělo nebo jiné. Přírodní výběr upřednostňuje ty geny, které ovlivňují svět tak, aby zajistily své pomnožení. Od toho se odvozuje to, co jsem nazval ústředním teorémem rozšířeného fenotypu: *Určité chování organismu směřuje k maximalizaci přežití genů „pro“ toto chování nezávisle na tom, zda se tyto geny nacházejí v organismu, který toto chování vykazuje.* Napsal jsem to v kontextu chování zvířat, nicméně tento teorém je možné vztáhnout i na tvar, barvu, velikost, zkratka jakoukoli vlastnost organismu.

Je načase vrátit se k úvodnímu problému, k napětí mezi jedincem a genem jako kandidáty na ústřední roli v přírodním výběru. V předchozích

kapitolách jsem je obešel předpokladem, že takový problém neexistuje, protože pomnožení jednotlivce se rovná přežití genu. Předpokládal jsem, že lze říci, že „organismy se snaží o pomnožení svých genů“, stejně jako „geny se snaží vynutit si, aby je organismy pomnožovaly“. Zdá se, jako by to byly dva rovnocenné způsoby, jak říci totéž, a volba mezi nimi byla jen záležitostí vkusu. Ale jisté napětí zde stále zůstává.

Jedním ze způsobů, jak tuto otázku rozřešit, je použití termínů „replikátor“ a „vehikl“. Základními jednotkami přírodního výběru, které buď přežívají, anebo ne a které tvoří linie identických kopií s příležitostnými náhodnými mutacemi, jsou replikátory. Molekuly DNA jsou replikátory. Z důvodů, k nimž se ještě dostaneme, se obvykle sdružují a žijí ve velkých společných nástrojích přežití – „vehiklech“. Vehikly, které známe nejlépe, jsou jednotlivá těla, třeba naše vlastní. Tělo není replikátor, ale pouze vehikl. To musím zdůraznit, protože to bývá často nepochopeno. Vehikly se nereplikují, pouze pomnožují své replikátory. Replikátory naopak nevnímají, neloví kořist ani neutíkají před predátory, zkrátka nereagují, pouze stavějí vehikly, které to dělají. Pro biology je pro určité účely výhodné zaměřit svou pozornost na úroveň vehiklu, zatímco pro jiné účely je výhodné zaměřit se na úroveň replikátoru. Gen a organismus nesoupeří o tutéž roli v darwinovském dramatu. Jsou obsazeni do odlišných, doplňujících se a v mnoha ohledech stejně důležitých rolí: role replikátoru a role vehiklu.

Terminologie replikátoru a vehiklu je užitečná v mnoha ohledech. Může například projasnit únavný spor o to, na jaké úrovni pracuje přírodní výběr. Povrchně se zdá logické zařadit „výběr jedinců“ na žebříčku úrovní výběru na půl cesty mezi výběrem na úrovni genů, obhajovaným ve 3. kapitole, a skupinovým výběrem, kritizovaným v 7. kapitole. „Výběr jedinců“ se zdá být střední cestou mezi těmito dvěma krajnostmi a mnoho biologů a filozofů bylo na tuto povrchní cestu svedeno a z této úvahy vycházelo. My však už můžeme rozpoznat, že taková úvaha není vůbec správná. Můžeme na organismus a skupinu organismů téhož druhu pohlížet jako na soupeře o roli vehiklu, ale ani jednoho z nich nemůžeme považovat za kandidáta na roli replikátoru. Spor o „individuální“ a „skupinový“ výběr je sporem mezi alternativními vehikly. Naopak mezi výběrem jedinců a výběrem na úrovni genů vlastně žádná neshoda není, protože geny a organismy jsou kandidáty na různé a doplňkové role v našem příběhu, na roli replikátoru a roli vehiklu.

Spor mezi výběrem na úrovni jedinců a skupinovým výběrem vyznívá podle mého názoru ve prospěch výběru jedinců. Skupina je totiž příliš neurčitý předmět. Stádu jelenů nebo smečce lvů či vlků je sice vlastní

jistá provázanost a jednotu účelu, ale ta je nepatrná ve srovnání s provázaností a jednotou účelu těla jednotlivého jelena, lva nebo vlka. To je dnes obecně přijímáno jako skutečnost, ale proč tomu tak opravdu je, si musíme objasnit. Rozšířený fenotyp a paraziti nám v tom pomohou.

Viděli jsme, že geny parazita spolu spolupracují v opozici proti genům hostitele (ty ovšem zase spolupracují mezi sebou) proto, že tyto dvě sady genů mají různé cesty, jimiž opouštějí sdílený vehikl – tělo hostitele. Geny plže opouštějí jeho tělo v jeho vajíčkách či spermii. Všechny mají stejnou naději ocitnout se ve vajíčku nebo spermii prostřednictvím poctivé loterie meiózy, a proto se společně snaží, aby tělo plže vytvořilo jako jednotný a účelný nástroj. Parazitická motolice je zjevně odlišitelná od svého hostitele a nemůže proltnout své cíle a identitu s jeho proto, že geny motolice nesdílejí s geny plže jejich metodu opouštění společného vehiklu a neúčastní se jejich meiotické loterie; mají svou vlastní loterii. V důsledku toho zůstávají oddělené ve svém vehiklu v útrobách toho společného. Kdyby geny motolice byly předávány vajíčky a spermii plže, těla těchto organismů by se v průběhu evoluce stala jedním tělem a dnes bychom nebyli schopni poznat, že to kdysi byly dva vehikly.

„Jednotlivé“ organismy jsou výsledným ztělesněním celé řady takových spojení. Naopak skupina organismů – hejno ptáků či smečka vlků – se v takový jediný organismus nespojuje právě proto, že geny v této skupině nemají jeden společný prostředek k opuštění stávajícího vehiklu. Ze stáda se sice může oddělit dceřiné stádo, ale geny se do tohoto stáda nepřenášejí v jediném předmětu, v němž by všechny geny rodičovského stáda měly stejnoměrné zastoupení. Všechny geny ve smečce vlků nemusi mít stejný prospěch ze stejných událostí. Gen si může zajišťovat budoucí úspěch tím, že upřednostňuje svého vlka na úkor vlků ostatních. Jednotlivý vlk je tedy vehiklem, zatímco smečka vlků ne. Důvod spočívá, obecně řečeno, v tom, že v každé buňce těla jednoho vlka s výjimkou pohlavních buněk jsou přítomny všechny jeho geny a do pohlavních buněk se mohou dostat se stejnou pravděpodobností. Ale buňky vlčí smečky nemají stejné geny a geny všech vlků smečky rovněž nemají stejnou šanci ocitnout se v dceřiné smečce. Geny jednotlivých vlků tedy mohou jen získat, budou-li bojovat se svými soupeři v ostatních jedincích (přestože v případě vlčí smečky bude tato rivalita zmírněna skutečností, že jde o příbuzenskou skupinu).

Jednotný a pro všechny geny společný výstup do budoucna je základní podmínkou pro to, abychom mohli něco nazývat vehiklem genů. Pro jednoho vlka to platí, výstupem je zde jeho produkce spermii nebo vajíček. V případě smečky tomu tak není, proto mohou geny jedince získat zvý-

hodněním svého jedince na úkor ostatních genů ve smečce. U včelího roje můžeme nabyt dojmu, že vypuštění dceřiného roje je totožné s oddělením dceřiné smečky. Podíváme-li se však na věc důkladněji, zjistíme, že zde geny sdílejí společný osud. Budoucnost genů celého roje je uložena ve vaječných královně. Proto včelí roj vypadá a chová se jako provázaný jediný vehikl (což je jen jiný způsob, jak vyjádřit poučení z předchozích kapitol).

Všude se setkáváme s tím, že život je svázán do ohraničených a samostatně účelových vehiklů, jako jsou vlci nebo včelí úly. Představa rozšířeného fenotypu však ukazuje, že tomu tak nemusí být. Vše, co nám naše teorie dovoluje očekávat, je bojiště replikátorů odstrkujících a předhánějících se, bojujících o svou genetickou budoucnost. Zbrani v tomto boji jsou fenotypové projevy, tedy v podstatě chemické působení na buněčné úrovni, ale ve svém důsledku třeba pera nebo tesáky, případně ještě odvozenější projevy. Tyto projevy jsou nejčastěji sjednoceny v ohraničených vehiklech, v nichž jsou geny ve vzájemné shodě a spolupráci, vynucené vyhlídkou společné cesty vajíček a spermií. Tento poznatek bychom neměli brát jako samozřejmost. Měli bychom jej stále zkoumat a podívat se nad ním. Proč se geny spojily v obrovských vehiklech se společným genetickým výstupem? Proč se rozhodly spolupracovat na jejich vytváření? V *Rozšířeném fenotypu* se snažím tento složitý problém zodpovědět, zde se odpověď pokusím alespoň načrtnout. Na druhou stranu, z odstupu sedmi let, ji mohu vyjádřit přesněji.

Zásadní otázky jsou tři. Proč se geny spojily v buňkách? Proč se buňky spojily v mnohobuněčné organismy? A proč tyto organismy přijaly životní cyklus „trychtýřovitě“ zúžený (bottlenecked life cycle) na začátku a konci?

Nejdříve tedy, proč se geny spojily v buňkách. Proč se ty dávné replikátory vzdaly své rytířské svobody v prapolevce a začaly se sdružovat v obřích koloniích? Proč spolupracují? Částečnou odpověď nám poskytne pohled na to, jak současné molekuly DNA spolupracují v chemických továrnách, jimiž jsou živé buňky. Molekuly DNA kódují proteiny. Proteiny jsou často enzymy katalyzující určité chemické reakce. Často však jedna taková reakce k vytvoření užitečného konečného produktu nestačí. Ve farmaceutických továrnách vyžaduje syntéza užitečné látky celou výrobní linku. Výchozí surovina nemůže totiž být přímo přeměněna v požadovaný produkt a je zapotřebí řady meziproductů, syntetizovaných v přesně dané posloupnosti reakcí. Největší díl práce chemických výzkumníků spočívá ve vymýšlení syntetických postupů, vedoucích od dostupných surovin k požadovaným produktům. Právě tak jednotlivé enzymy živé buňky ne-

mohou samy o sobě zprostředkovat syntézu užitečného konečného produktu z dostupné suroviny. Neobejdou se bez sady enzymů, z nichž jeden katalyzuje vznik prvního meziproductu z výchozí látky, druhý přeměnu prvního meziproductu ve druhý a tak dále.

Každý z těchto enzymů je kódován jedním genem. Pokud je určitá syntetická dráha tvořena šesti enzymy, pak musí být v organismu přítomno všech šest sekvencí, aby tato dráha mohla fungovat. Pro vytvoření téhož produktu však mohou existovat dvě alternativní dráhy, které sestávají z odlišných enzymů, ale jinak jsou přibližně stejně vhodné. V průmyslové chemii, kde je takových případů řada, se jedna z alternativ může rozšířit buď proto, že je historicky starší, nebo v důsledku vědomé volby odborníků. V přírodě však není žádná volba vědomá a rozhodování se děje prostřednictvím přírodního výběru. Jak však přírodní výběr dohlédne na to, aby geny z alternativních drah nebyly proházené a aby vznikla funkční sada spolupracujících genů? Stejným způsobem jako v mé analogii s německými a anglickými veslaři (5. kapitola). Princip spočívá v tom, že gen pro první stupeň jedné z drah bude úspěšný v přítomnosti ostatních genů této dráhy, ne však v přítomnosti genů alternativní dráhy. Pokud v populaci už převládly geny pro první dráhu, pak bude výběr upřednostňovat geny pro tuto dráhu a penalizovat geny pro dráhu alternativní a naopak. Je však naprosto nesprávné uvažovat, jako by daných šest genů té které dráhy bylo selektováno „jako skupina“, jakkoli k tomu vše svádí. Každý gen je sice selektován jako samostatný sobecký gen, ale o jeho úspěšnosti rozhoduje to, zda prostředí, v němž se nalézá, obsahuje správnou sadu ostatních genů.

Dnes ke spolupráci mezi geny, která musela začít jako jednoduchá spolupráce mezi samostatně se replikujícími molekulami v prapolevce (nebo jiném prapůvodním prostředí), dochází v buňkách. Buněčné stěny mohly vzniknout jako nástroj sloužící k udržení užitečných látek pohromadě a zabránění jejich úniku do okolí. Na buněčných membránách navíc probíhá řada chemických reakcí, u nichž je zapotřebí oddělit od sebe dvě prostředí s různou koncentrací molekul. Spolupráce mezi geny však nezůstala omezena na úroveň buněčné biochemie. Buňky se spojily (nebo zůstávaly pohromadě po buněčném dělení) a vytvořily mnohobuněčná těla.

To nás přivádí ke druhé otázce. Proč se buňky spojily, aby vytvořily ony neohrabané roboty? Je to opět otázka spolupráce, ale její těžiště se přesunulo z molekulární úrovně na mnohem větší měřítko. Mnohobuněčné organismy přerostly z mikroskopické velikosti až do rozměru slovnů a velryb. Velikost sama o sobě však ještě nemusí být výhodná, koneč-

ně ve srovnání s bakteriemi je slonů jen pár. Ale v situaci, kdy životní prostor pro malé organismy je už obsazen, stále ještě zbývá prostor pro ty velké. Velké organismy se například mohou živit těmi malými a přitom se ubránit tomu, aby jimi byly snědeny.

Výhody takového spolku buněk však nespočívají pouze ve velikosti. Jednotlivé buňky se rovněž mohou specializovat a dosáhnout tak větší účinnosti v jednotlivých úkonech. Specializované buňky slouží ostatním členům spolku a zároveň mají prospěch z účinnosti ostatních specialistů. Je-li k dispozici velké množství buněk, pak se některé mohou specializovat jako smyslové orgány pro vyhledávání kořisti, jiné jako nervy pro předávání informace, další zas jako žahavé buňky schopné paralyzovat kořist nebo jako svalové buňky pohybuující chapadly, která přitahují kořist, jako buňky vylučující trávicí šťávy anebo buňky schopné tráveninu absorbovat. Nesmíme zapomínat, že přinejmenším u moderních těl, jako je naše vlastní, jsou všechny buňky klon. Všechny obsahují tytéž geny, nicméně v různých buňkách jsou aktivovány různé geny, podle jejich specializace. Geny v různých buněčných typech přímo prospívají svým kopiím v malé skupině buněk specializovaných na reprodukci, buněk nesmrtelné zárodečné linie.

Nyní ke třetí otázce. Proč se těla účastní „trychtýřovitě“ zúžených životních cyklů?

Začneme vysvětlením, co míním trychtýřovitým zúžením. Bez ohledu na to, kolik buněk má tělo slona, stojí na počátku jeho života jediná buňka, oplozené vajíčko. To je úzkým hrdlem trychtýře, který se během embryonálního vývoje rozšiřuje do trilionů buněk dospělého slona. A bez ohledu na to, kolik buněk a kolik specializovaných typů buněk spolupracuje na nepředstavitelně složitém úkolu provozování dospělého slona, je snahou všech těchto buněk jediné, produkce jednotlivých buněk, spermií nebo vajíček. Nejenom počátek slona je představován jedinou buňkou. Jeho koncem ve smyslu zakončení životního cyklu je produkce jednotlivých buněk, oplozených vajíček příští generace. Životní cyklus obrovského slona začíná a končí úzkým hrdlem. Toto zúžení je charakteristické pro životní cykly všech mnohobuněčných živočichů a většiny rostlin. Proč? Jaký to má význam? To je těžké zodpovědět bez zamýšlení nad tím, jak by život vypadal bez takových cyklů.

Pro ilustraci si zkusme představit dva hypotetické druhy řas. Říkejme jim třeba cyklovka a odnožka. Odnožka žije jako soubor neuspořádaných, beztvarych větví v moři. Čas od času se některá větévka odlomí a odpluje jinam. Úlomky, různé velikosti, jsou schopny dorůst do velikosti původní rostliny, podobně jako řízky zahradních rostlin. Toto odnožo-

vání je způsobem rozmnožování tohoto druhu. Jistě si všimnete, že od jeho způsobu růstu se liší jenom tím, že rostoucí části se od sebe fyzicky oddělují.

Cyklovka vypadá stejně a roste podobným neuspořádaným způsobem. Je zde jediný zásadní rozdíl. Cyklovka se rozmnožuje produkováním jednobuněčných spor, které odplouvají na moře, kde vyrostou v nové rostliny. Spory jsou obyčejné buňky, stejné jako ostatní. Rozmnožování zde, právě tak jako u odnožky, není pohlavní. Dceřiné rostliny sestávají z buněk, které tvoří jeden klon s buňkami rodičovských rostlin. Jediný rozdíl spočívá v tom, že odnožka se rozmnožuje odvrhováním kousků sestávajících z neurčitého množství buněk, kdežto cyklovka odvrhuje kousky sestávající vždy z jedné buňky.

Představou těchto dvou druhů rostlin jsme se zaostřili na zásadní rozdíl mezi zúženým a nezúženým životním cyklem. Cyklovka se rozmnožuje tak, že se v každé generaci musí protáhnout úzkým hrdlem jedné buňky. Odnožka prostě roste a rozpadá se. Těžko o ní můžeme říci, že by měla ohraničené generace nebo že by vůbec sestávala z ohraničených organismů. Jak je tomu u cyklovky? Hned se k tomu dostanu, ale už teď můžeme vidět náznak odpovědi. Už teď by na nás měla cyklovka působit dojmem něčeho ohraničeného - dojmem organismu.

Odnožka, jak jsme viděli, se rozmnožuje stejným způsobem, jako roste. Její rozmnožování by se tedy dalo považovat za pouhé pokračování růstu. U cyklovky je rozmnožování od růstu přísně odděleno. Našli jsme v tom rozdíl, ale co má být? Jaký to má význam? Proč na tom záleží? Přemýšlel jsem o tom dlouho a domnívám se, že jsem našel odpověď. (Shodou okolností zde bylo obtížnější nalézt otázku než odpověď.) Odpověď je rozdělena do tří částí, z nichž první dvě úzce souvisejí se vztahem mezi evolucí a embryonálním vývojem.

Zamysleme se nad evolucí složitějšího orgánu z jednoduššího. Nemusíme zůstat v rostlin, v tomto stadiu diskuse bude dokonce lepší zaměřit se na živočichy, protože jejich orgány jsou složitější. Pohlavní rozmnožování můžeme opět nechat stranou a představit si, že náš živočich se rozmnožuje prostřednictvím nepohlavních spor, jednotlivých buněk, které jsou, s výjimkou mutací, shodné s buňkami rodičovského organismu i mezi sebou navzájem.

Složitě orgány vyšších živočichů se vyvinuly postupnými změnami z jednodušších orgánů předků. Ovšem ne tak, že by se původní orgány změnil v ty moderní, jako když překováváme meče v pluhy. A nejenže tomu tak *nebylo*, neméně důležité je, že tomu tak ani být *nemohlo*. Pří-
mou transformací typu „meče v pluhy“ lze dosáhnout pouze omezených

změn. Skutečně zásadní změny může být dosaženo pouze tím, že se „vrátíme k rýsovacímu prknu“, zahodíme starý plán a začneme od začátku. Když inženýři začínají s novým projektem, nemusí vždy zavrhnout všechny původní myšlenky a řešení. Na druhou stranu se však nesnaží dojít k novému návrhu fyzickou deformací starého. Starý objekt je příliš zatížen minulostí. Možná můžete překovat meč v pluh, ale zkuste překovat vrtulový motor v tryskový. To zkrátka nejde. Musíte na vrtulový motor zapomenout a vrátit se k rýsovacímu prknu.

Živé organismy samozřejmě nebyly navrženy na rýsovacím prkně. Mají však podobnou možnost vrátit se na začátek vývoje – děje se tak v každé generaci. U většiny druhů nový organismus začíná jako jedna buňka a roste od začátku. Dědi konstruktérské *nápady* předchozí generace ve formě DNA programu, ale nikoli fyzické orgány svých předků. Nedědí srdce svého rodiče, které by musel *přetvarovat* na nové (případně vylepšené) srdce. Začíná od píky, jako jediná buňka, za použití téhož programu, do něhož mohou být vylepšení přidána. Už se rýsuje závěr, k němuž mířím. Jednou z důležitých vlastností zúženého životního cyklu je to, že umožňuje obdobu návratu k rýsovacímu prknu.

Zúžení životního cyklu má další důsledek, který je v úzkém vztahu s předchozím. Poskytuje „časový plán“, na jehož základě mohou být řízeny procesy zárodečného vývoje. V zaškrceném životním cyklu prochází každá generace přibližně stejnou posloupností dějů. Začíná jako jediná buňka. Roste prostřednictvím buněčného dělení. Reprodukují se vypouštěním dceřiných buněk. Pravděpodobně také zahyne, ale to je pro účely této diskuse daleko méně důležité, než by se nám smrtelníkům mohlo zdát. Konec životního cyklu je totiž dosaženo reprodukcí organismu a vznikem nové generace. Přestože teoreticky se organismus může reprodukovat v kterékoli době své růstové fáze, můžeme očekávat, že se ustaví optimální čas pro reprodukci. Organismy, které budou produkovat spory v době, kdy jsou buď příliš mladé, nebo příliš staré, skončí s menším počtem potomstva, než jejich soupeři, kteří nejprve nahromadí síly a na jejich vrcholu vyprodukují ohromné množství spor.

Blížíme se k myšlence pevně zakotveného, pravidelně se opakujícího životního cyklu. Všem generacím je tak společný nejenom jednobuněčný počátek. Všechny rovněž procházejí růstovou (eventuálně larvální) fází, jejíž délka je víceméně pevně stanovena. Přesné opakování růstové fáze pak umožňuje přesné načasování určitých jevů v průběhu embryonálního vývoje, jako by byly řízeny přesně dodržovaným kalendářem. U některých druhů se v různém rozsahu vyskytují dokonce i jednotlivá buněčná dělení v přesných časech, v posloupnosti, která se v každé generaci přesně opaku-

je. Každá buňka zde má přesné místo i čas, kdy se objeví v linii buněčných dělení. V některých případech k tomu dochází s takovou přesností, že embryologové mohou jednotlivé buňky pojmenovat a k dané buňce jedince přiřadit odpovídající buňku u jiného jedince téhož druhu.

Takto stereotypizovaný růstový cyklus poskytuje hodiny nebo kalendář, podle něhož mohou být spouštěny jednotlivé embryologické procesy. Vzpomeňme, jak samozřejmě jsou pro nás denní cykly odvozené od rotace Země nebo roční opakování její cesty kolem Slunce – slouží nám k uspořádání a organizaci našich životů. Stejným způsobem jsou nekonečně se opakující růstové cykly, způsobené ohraničeným životním cyklem, využívány k organizaci a uspořádání embryonálního vývoje. Určité geny mohou být zapínány a vypínány v určitý čas jedině proto, že kalendář ohraničeného životního cyklu umožňuje samotnou existenci něčeho takového, jako je určitý čas. Takovéto dobře vyladěné regulace jsou podmínkou pro evoluci embryologických procesů schopných vytvořit složité tkáně a orgány. Přesností a složitostí orlího oka nebo vlaštovičího křídla by nemohlo být dosaženo bez přesného rozpisu, co má kdy kde být vytvořeno.

Třetí důsledek zaškrceného životního cyklu je genetický. Zde nám opět poslouží příklad cyklovky a odnožky. Pro zjednodušení stále předpokládejme, že se obě rozmnožují nepohlavně. Zamysleme se nad tím, jak se mohou vyvíjet. Evoluce vyžaduje genetickou změnu, mutaci. Mutace se může objevit během kteréhokoliv buněčného dělení. U odnožky drží buněčné linie vždy alespoň částečně pohromadě, na rozdíl od druhů se zaškrceným cyklem. Každá větévka, která se odlomí a vzdálí od rodičovské rostliny, je mnohobuněčná. Je tedy docela dobře možné, že obsahuje buňky, které jsou navzájem vzdálenějšími příbuznými, než jsou vůči některé buňce rodičovské rostliny. („Příbuznými“ zde skutečně myslím bratrance, vnoučata a tak dále. Buňky mají určené příbuzenské linie, které se větví, a proto označení jako „bratranec z druhého kolena“ lze pro buňky v organismu bez ostychu použít.) Cyklovka se v tomto bodě od odnožky ostře odlišuje. Všechny buňky dceřiných rostlin jsou u ní potomky jediné buňky, spory, a proto jsou všechny buňky dané rostliny navzájem v bližším příbuzenském vztahu než k buňkám jiné rostliny.

Tento rozdíl mezi těmito dvěma druhy má důležité genetické důsledky. Zamysleme se nad osudem nově zmutovaného genu, nejprve u odnožky a poté u cyklovky. U odnožky může nastat mutace v kterékoli buňce, v kterékoli větvi rostliny. Jelikož dceřiných rostlin jsou produkovány odštěpením velkých kusů, přímí potomci mutované buňky se mohou ocitnout v jedné dceřině rostlině i v dalších generacích společně s nemutovanými buňkami, které jsou jejich velmi vzdálenými bratrance. U cyklovky je na-

opak nejstarším společným předkem všech buněk dané rostliny spora, z níž vznikla. Pokud spora obsahovala mutantní gen, budou jej obsahovat všechny buňky rostliny. Pokud jej spora neobsahovala, nebudou jej obsahovat ani ony. Buňky cyklovky budou v rámcích jedné rostliny více geneticky jednotné než buňky odnožky. U cyklovky bude jednotlivá rostlina jednotka s vlastní genetickou identitou hodná jména jedinec. Rostliny odnožky budou mít menší genetickou identitu a jejich nárok na označení „jedinec“ je pochybný.

Není to jen otázka terminologie. Vzhledem k možným mutacím nebudou mít buňky jedné rostliny odnožky stejné genetické zájmy. Gen v buňce odnožky bude úspěšný, bude-li podporovat pomnožení své buňky. Nemusí však nutně získat tím, že bude podporovat pomnožení celé rostliny. V důsledku mutací bude nepravděpodobné, že by všechny buňky v organismu byly geneticky identické, a proto nebudou tak srdečně spolupracovat při tvorbě nových orgánů a rostlin. Přírodní výběr zde spíše než mezi jednotlivými rostlinami bude rozhodovat mezi jednotlivými buňkami. Na druhé straně u cyklovky jsou buňky většinou geneticky identické, protože je mohou odlišit jen mutace vzniklé v době od počátku dané generace. Buňky tedy budou ochotně spolupracovat na vytvoření účinného nástroje přežití. Buňky v různých rostlinách budou mít naopak s větší pravděpodobností rozdílné geny – konečně buňky, které prošly rozdílnými hrdly, mohou být odlišeny na základě všech mutací s výjimkou těch nejposlednějších a to znamená většinu. Výběr se tedy bude rozhodovat mezi jednotlivými rostlinami, a ne buňkami jako u odnožky. Můžeme tedy očekávat vývoj orgánů a ústrojí, které budou sloužit celému organismu.

Mimochodem – čistě pro čtenáře s profesionálním zájmem – je zde jistá analogie se sporem o skupinový výběr. O jednotlivém organismu můžeme uvažovat jako o „skupině“ buněk. Jistého druhu skupinového výběru zde pak může být dosaženo, bude-li nalezen nějaký prostředek, jak zvýšit poměr meziskupinové variace k vnitroskupinové. Reprodukční metoda cyklovky tento poměr zvyšuje, zatímco způsob odnožky má opačný účinek. Další zajímavou a poučnou analogii, které se zde však nemohu věnovat, je podobnost mezi „principem úzkého hrdla“ a dalšími dvěma myšlenkami, které převládaly v této kapitole. Za prvé myšlenkou, že paraziti budou se svým hostitelem spolupracovat, pokud budou předávat geny do dalších generací prostřednictvím těžce reprodukčních buněk jako on – budou se protahovat skrze stejné hrdlo. Za druhé myšlenkou, že geny pohlavně se rozmnožujícího druhu spolu spolupracují jen proto, že meióza je přísně poctivou loterií.

Pro shrnutí můžeme tedy uvést tři důvody, proč historie života pravi-

delně procházejícího hrdlem láhve vede k evoluci organismů jako ohraničených a jednotných vehiklů. Tyto důvody mohou být označeny jako „zpět k rýsovacímu prknu“, „přesně načasovaný cyklus“ a „buněčná jednotnost“.

Co bylo dřív, zúžení cyklu, nebo ohraničený organismus? Domnívám se, že tyto vlastnosti se vyvinuly současně. Vlastně se dokonce domnívám, že životní cyklus začínající a ukončený jednobuněčným hrdlem je základní a definující vlastností jednotlivého organismu. Když se vyvine životní cyklus s takto zúženým začátkem a koncem, živá hmota je tím nasměrována k uzavření se do ohraničených jednotných organismů. A čím více bude živá hmota uzavírána do ohraničených nástrojů přežití, tím více se buňky těchto nástrojů budou soustřeďovat na podporu té jedinečné linie, jejímž účelem je přenést jejich společné geny přes ono úzké hrdlo do další generace. Tyto dva jevy, zúžení životního cyklu a ohraničenost organismů, jdou ruku v ruce. Jak se vyvíjí jeden, podporuje tím vývoj druhého. Navzájem se posilují tak jako stupňující se city ženy a muže v průběhu milostného vztahu.

Rozšířený fenotyp je rozsáhlá kniha a rozbor v ní provedený není tak snadné sdělit v jedné kapitole. Byl jsem zde proto nucen se uchýlit k zhuštěnému, intuitivnímu a místy až impresionistickému stylu. Přesto doufám, že se mi podařilo nastínit podstatu jejího obsahu.

Dovolu mi nyní zakončit tuto knihu stručným poselstvím, shrnutím chápání života z pohledu sobeckého genu a rozšířeného fenotypu. Je to pohled, jež – jak se domnívám – lze uplatnit na život kdekoli ve vesmíru. Základní jednotkou všeho života, jeho prvotním hybatelem, je replikátor. Replikátor je cokoli ve vesmíru, z čeho se tvoří kopie. Replikátory původně vznikly náhodným seskupením menších vzájemně reagujících částí. Jakmile replikátor vznikne, je schopen tvořit nekonečně velké množství vlastních kopií. Kopírovací proces však není dokonalý, a proto se v populaci replikátorů začnou objevovat typy, které se budou navzájem lišit. Některé z těchto typů ztratí schopnost replikace a jejich druh vymizí s jejich zánikem. Jiné se sice budou replikovat, ale s malou účinností. Další si však postupně osvojí nové triky: stanou se tak ještě lepšími samoreplikátory než jejich předkové a současníci a jejich potomstvo převládne v populaci. V průběhu času se svět zaplní neúčinnějšími a nejvynalézavějšími replikátory.

Postupně jsou objevovány stále složitější způsoby, jak být dobrým replikátorem. Replikátory přežívají nejen díky svým vnitřním vlastnostem, ale i díky svým schopnostem ovlivňovat okolní svět. Toto ovlivňování zdaleka nemusí být přímé. Jedinou podmínkou pro vznik takových schopností je, aby jejich konečné důsledky, bez ohledu na jejich nepřímou a složitou, měly zpětnou vazbu na úspěšnost replikátoru při vytváření vlastních kopií.

Úspěšnost replikátoru značně závisí na podmínkách v okolním prostředí. Mezi nejdůležitější z těchto podmínek patří vlastnosti ostatních replikátorů a jejich důsledky. Replikátory, které se vzájemně podporují – podobně jako angličtí nebo němečtí veslaři –, převládnu, když jsou pohromadě. V určité fázi evoluce na naší planetě bylo toto spolčování vzájemně spolupracujících genů utvrzeno vytvořením ohraničených nástrojů přežití – buněk a později mnohobuněčných těl. Nástroje přežití, které si osvojily životní cyklus se zúženým začátkem a koncem, byly úspěšnější a staly se rovněž lépe ohraničenými a funkčními.

Toto balení živé hmoty do ohraničených nástrojů přežití se stalo tak samozřejmým a převládajícím jevem, že když se na scéně objevili biologové a začali klást otázky týkající se života, jejich dotazy se většinou zaměřovaly na vehikly – jednotlivé organismy. Biologové si nejprve uvědomili existenci jednotlivých organismů, zatímco replikátory, dnes známé jako geny, považovali za součást vybavení používaného těmito organismy. Je zapotřebí vědomého myšlenkového úsilí, aby se nám podařilo nahlédnout biologii ze správné strany a připomenout si, že replikátory stojí na prvním místě jak historicky, tak co do významu.

Jedním ze způsobů, jak si to připomenout, je uvědomit si, že ani dnes nejsou všechny fenotypové projevy genu omezeny na individuální tělo, v němž gen přebývá. Geny jsou teoreticky i prakticky schopny sáhnout ven skrze stěny „svých“ jednotlivých těl a ovlivňovat věci v okolním světě, někdy neživé předměty, jindy živé organismy, a občas působit i na značnou vzdálenost. S trochou fantazie si můžeme představit gen sedící v centru rozprostřené sítě rozšířené fenotypové moci. Předměty tohoto světa jsou pak centrem, do něhož se sbíhá síť vlivů mnoha genů sídlících v okolních organismech. Dlouhé prsty genů neznají žádné hranice. Celý svět je protkáán příčinnými souvislostmi spojujícími geny s jejich fenotypovými projevy, blízkými i vzdálenými.

K tomu se přidává jev, který je v našem světě příliš významný, než abychom ho mohli pokládat za náhodu, ale z teoretického pohledu nezas tak významný, abychom ho museli považovat za nevyhnutelnost, a sice že tyto souvislosti se postupně víc a více propojovaly. Replikátory se přestaly volně potloukat v moři – jsou svázány v obřích koloniích jednotlivých těl. Fenotypové projevy, místo aby byly rovnoměrně rozprostřeny ve světě, se v převládající většině zkoncentrovaly do těchto těl. Ale jednotlivá těla, obvyklá na naší planetě, nemusela nutně vzniknout. Jediné, co je zapotřebí k tomu, aby kdekoli ve vesmíru mohl vzniknout život, je nesmrtelný replikátor.

Dodatky

Následující poznámky se týkají pouze původních jedenácti kapitol. Každá poznámka je v textu označena číslem označujícím pořadí dodatku a číslem stránky, k níž se vztahuje.

1

Kde se vzali lidé?

1) ...*všechny pokusy zodpovědět tuto otázku před rokem 1859 jsou bezcenné...* (13)

Našli se lidé, dokonce i nevěřící, kteří se nad touto citací Simpsona pohoršovali. Souhlasím, že po prvním přečtení zní skutečně ignorantsky, netaktně a netolerantně, trochu jako výrok Henryho Forda „Historie je víceméně hovadina“. Ponecháme-li však stranou náboženské odpovědi (jsem s nimi dobře seznámen; neutrácejte za poštovné), když máte pomyslet na předdarwinovské odpovědi na otázky „Co je člověk?“ „Má život nějaký smysl?“ „Proč tu jsme?“, můžete opravdu dojít k nějaké, která není nyní bezvýznamná, odečteme-li její historickou hodnotu? Je zkratka možné být zcela na omylu a to přesně vystihuje všechny odpovědi před rokem 1859.

2) ...*Nejsem zastáncem morálky založené na zákonech evoluce.* (14)

Kritici občas neporozuměli *Sobeckému genu*, v domnění, že nabízí sobeckost jakožto princip, podle něhož máme žít! Jiní, možná proto, že si z knihy přečetli pouze název nebo že se nikdy nedostali dál než na druhou stránku, si mysleli, že jsem tím říkal, že ať už se nám to líbí či ne, sobeckost a jiné nepřijemné vlastnosti jsou neodmyslitelnou částí našeho charakteru. Do tohoto omylu snadno upadnete, pokud si myslíte, že genetická „determinace“ je natvrdo – absolutní a nezvratná. A zdá se, že velká řada lidí si to z nějakého záhadného důvodu opravdu myslí. Geny ve skutečnosti „determinují“ chování pouze ve statistickém smyslu (viz str. 42–44). Dobrou analogii je široce přijaté zobecnění „červánky jsou dobrým znamením pro pastýře“. Může být statisticky dokázáno, že krásný rudý západ slunce předpovídá následující vydařený den, ale nevsadili bychom na to velkou sumu. Dobře víme, kolik různých faktorů ovlivňuje počasí. Každá předpověď počasí je předmětem chyb. Je to pouze statistická předpověď. Rudé zápa-