

(2001) In: In: Beňušková, L., Kvasnička, V., Pospíchal, J. (Eds.) Kognitívne vedy IV. STU, Bratislava, pp. 39-46

Fedorovské inšpirácie

Ladislav Kováč, Prírodovedecká fakulta Univerzity Komenského, Mlynská dolina, 842 15 Bratislava; e-mail: kovacl@fns.uniba.sk

“Vedec je človek, ktorý vidí to, čo vidia všetci a myslí tak, ako nemyslí nik.”

Albert Szent-Györgyi

„Vedec nie je ten, kto dáva správne odpovede, ale ten, kto kladie správne otázky.“

Claude Lévi-Strauss

Poznal som viacero vynikajúcich bádateľov. U nás i v zahraničí. Ale málokto z nich sa v originalnosti myslenia vyrovnal Petrovi Fedorovi. Fedor splňal predstavy, aké mali o pravom vedcovi Albert Szent-Györgyi a Claude Lévi-Strauss.

Petra Fedora som stretol po prvý raz počiatkom sedemdesiatych rokov minulého storočia, keď začal, spolu s Pavlom Balgavým, organizovať bratislavské semináre z biofyziky. Keď mi, hneď v prvých vetách ako začal náš rozhovor, povedal, že sa zaoberá modelovaním neurónových sietí, napadlo mi, že menej originálne pracovné zameranie si už ani nemohol vymyslieť. Hopfieldova publikácia vtedy ešte nebola na svete. V učebniciach neurobiológie sa popisoval McCullochov a Pittsov model neurónovej siete, vymyslený ešte v roku 1943. Všetko sa zdalo naznačovať, že model zďaleka nevystihoval podstatné črty fungovania nervového systému, nebol heuristicky nijak zvlášť plodný a tí, čo ho ďalej rozvíjali, ako by boli pokračovali v smere, ktorý mohol byť od začiatku chybný. V knihe, ktorú mal vtedy pri stretnutí, tuším, Peter dokonca v ruke, vtedajší veľmajster modelovania neuronálnych a psychických procesov, Marvin Minsky to aj naznačil (1). – Mýlil som sa. Peter Fedor mal svoju originálnu teóriu. Opodstatnene ju jeho žiačka Ľubka Beňušková v kapitole o histórii neurónových sietí (2) uvádza ako nový, samostatný prístup.

O pár rokov neskôr ma Peter Fedor a Pavol Baňacký navštívili v ústave v Ivanke pri Dunaji, kde som vtedy pracoval. Prišli s presvedčením, že v učebniciach uvádzané vysvetlenia, prečo enzýmy dokážu tak ohromne zvýšiť rýchlosť chemických procesov v bunke, sú nedostačujúce a navrhli vlastnú kvantovo-mechanickú teóriu. Málo znalý kvantovej fyziky a vyznávač vtedajšej biochemickej ortodoxie oponoval som im tak vehementne, že to možno bol jeden z dôvodov, prečo v rozvíjaní svojej teórie nepokračovali. Škoda. Ostáva len dúfať, že sa k nej Pavol Baňacký nanovo vráti: naozaj, i doteraz enzýmovej katalýze rozumieme málo.

Koncom osemdesiatych rokov prišiel Peter Fedor pracovať do nášho ivanského ústavu. Vtedy som dostal príležitosť denne a zblízka sledovať jeho výnimočnú inteligenciu a originalitu. Povaha vedomia, povaha emócií – to už v tých rokoch začínali byť atraktívne

problémy; tak módne, že sa stávali až banálnymi. A zas: Peter, myslím si, svojráznosťou svojho pohľadu a uvažovania predbehol súčasníkov o roky, ak nie desaťročia.

Tu ho náhle, v roku 1990, keď bol na vrchole tvorivých síl, skosila smrť. V okamžiku, keď mu konečne aj spoločenská zmena otvorila možnosť návratu tam, kam bytostne patril: na univerzitu, medzi mladých ľudí. Ešte aj v pedagogickom talente bol jedinečný: svojou desivo chladnou skepsou, v ktorej sa navonok, verbálne, niekedy priam vyžíval, dokázal by študentov provokovať a svojím entuziazmom a žeravou túžbou po usporiadaní a harmónii (v teoretickom poznaní i vo fungovaní spoločnosti), ktorou vnútorne horel, by ich zapaloval takým plameňom, čo iba smrť dokáže zhasiť.

Iba málo zo svojich nápadov stihol Peter Fedor uskutočniť. Jeho publikácie sú púhym fragmentom jeho diela. Ale tie iskričky jeho myslenia, čo žiaria naďalej, osvetľujú nové horizonty, podnecujú k novému premýšľaniu.

1. Aká je povaha epigenetickej pamäti?

Pre biochemika má Fedorov model diskriminačného neurónu, D-neurónu, v sebe niečo vyzývajúce. Tento neurón je schopný urobiť si „fotografiu“ svojho okolia: v jeho bunkovej membráne sa laterálne preskupujú proteíny tak, aby sa usporiadali do podoby, ktorá predstavuje abstraktný obraz tohto okolia. Laikom približoval Peter tento fenomén pomocou metafory xéroxu: Tak, ako sa na prázdny, nepopísaný papier otláči verná štruktúra textu alebo obrázku, otláči sa do povrchovej membrány neurónu relevantná podoba jeho okolia. Nie ale pomocou nejakého molekulárneho litografického zariadenia. Transport iónov iónovými kanálmi, spustený selektívnymi podnetmi, vytvára v okolí kanála lokálne elektrické pole a toto dosťahuje na to, aby sa proteíny membrány elektroforeticky rozmiestnili do špecifického usporiadania. Bunková membrána je zariadením na dvojrozmernú elektroforézu proteínov. Výsledný elektroforeogram nie je však primárne určený vlastnosťami proteínov, ktoré by sa delili v homogénnom elektrickom poli medzi dvomi elektródami, ale je práve určený veľkým počtom lokálnych polí. A rozloženie týchto polí závisí od toho, ktoré z prítomných iónových kanálov sú v membráne aktivované recepciou extracelulárneho signálu a prenášajú ióny.

Štandardný učebnicový popis predstavuje biologickú membránu ako „tekutú mozaiku“: nepolárne časti molekúl fosfolipidov fungujú ako „oceán“ (nevodný, zložením a viskozitou podobný ľahšiemu motorovému oleju) a v tomto olejovom oceáne sa vznášajú „ostrovy“ proteínov. Niektoré z ostrovov sú ukotvené na vnútrobunkový skelet, takže sa nehýbu (s výnimkou toho, že robia tepelné kmity), ale väčšina z nich je voľne pohyblivá, takže ich rozmiestnenie nie je korelované; je neusporiadané, randomné. Je až neuveriteľné, že od čias, čo bol model „tekutej mozaiky“ navrhnutý, stále ešte nevieme, či proteíny v membráne sú naozaj rozmiestnené takto randomne, alebo či naopak nepredstavujú nejaký presný, pre každú bunku špecifický, dvojrozmerný obraz. Pritom sa nahromadilo veľa experimentálnych údajov, naznačujúcich, že rozmiestnenie proteínov v bunkových membránach nemôže byť celkom neusporiadané – príčiny sú ale stále ešte nie celkom vyjasnené (3-11).

Laterárny elektroforetický pohyb membránových komponentov a jeho význam v morfogénéze uvažovali aj iní pracovníci (12-18). Je pozoruhodné, že napriek matematickej a fyzikálnej plauzibilitate modelov nedostalo sa im doposiaľ všeobecnej pozornosti. Možno preto, lebo si ich málo povšimli experimentátori. Prieskum oceánov v biologických membránach naďalej ostáva výzvou pre odvážnych moreplavcov.

Ak by povrch membrány bol naozaj takýmto obrazom, ako si predstavoval Peter Fedor, nebol by to asi obraz bez významu, *l'art pour l'art*. Mohol by fungovať ako inštrukcia. Selektívne nachádzania sa a spojovanie ku sebe patriacich buniek, ktoré je podstatou morfogénézy, by nespočívalo len na časovom slede morfogenných signálov, ktoré zachytávajú odpovedajúce receptory, randomne rozložené na povrchu bunky, ale malo by aj

svoju priestorovú logiku, vyjadrenú presnou priestorovou topografiou receptorov: bunka by si v sebe niesla „fotografiu“ partnera, s ktorým sa musí dať dohromady. Túto fotografiu by bežným somatickým bunkám vkladali do vienka gény, rovnako ako nervovým bunkám v priebehu embryogenézy. Zato ale v „zrelých“ neurónoch mozgu vyšších živočíchov, včítane človeka, by takúto fotografiu zakaždým retušovalo, ba až nanovo zhotovovalo, prostredie, v ktorom sa živočích nachádza.

No ostáva aj možnosť, že by sa vzorky (patterns) proteínov v membránach vytvárali ako otlačky okolia aj v iných somatických bunkách behom ontogenézy. Tak, ako sa v ontogenéze nastavujú selektívne prepisovanie génov a selektívne metabolické stavy, ktoré sú vyjadrením „druhej“, „epigenetickej“ dedičnosti (19), nastavovali by sa a prenášali z bunky do bunky aj membránové „xéroxové“ obrazy. George Palade (20) už roku 1978 formuloval hypotézu, s ktorou sa už predtým pohrávalo veľa iných bádateľov, že bunkové membrány a ich proteínové komponenty majú časovú kontinuitu. Túto ideu ďalej rozšíril Robert Poyton v r. 1983 (21) a je pozoruhodné, že sa jej nedostalo väčšej pozornosti, hoci neskoršie detailnejšie výskumy biogenézy membrán priniesli jej, zdá sa, empirickú podporu. Staré diktum o kontinuite vajícok možno parafrázovať: „Omne membrana ex membranae“ (22) – membrány by v živých systémoch nevznikali *de novo*, ale niektoré ich elementy by boli „večné“: membrány organizmu by pri ovogenéze určili podobu membrán vajička a cez oplodnené vajičko by sa nededila len DNA organizmu (spolu s DNA pochádzajúcej zo spermii), ale aj jeho membrány, a možno aj iné negénové komponenty.

Takto okrem génov a mémov existuje ešte tretí typ replikátorov, **fény**. Ako fény možno označiť jednotky prenosu vlastností z jednej bunky do druhej, prípadne i z jednej generácie do nasledujúcej, neviazané na gény. Ich najelementárnejšou kategóriou sú tie proteíny, ktoré „vnucujú“ svoju konformáciu peptidom s rovnakou primárnou štruktúrou – prióny. Inou kategóriou fénov by boli membránové proteíny, prenášané z membrány do novej membrány ako nevyhnutné „jadrá“ (seeds), ktoré štartujú biogenézu a montáž ostatných proteínov (a možno aj fosfolipidov) novej membrány. Tretou sú fixné metabolické stavy, nastavené na počiatku diferenciácie, vedúcej ku konkrétnemu orgánu tela živočícha alebo rastliny a prenášané z bunky do bunky. Až štvrtú kategóriu predstavujú selektívne nastavenia génovej expresie, rozdielne v rozdielnych orgánoch a väčšinou predstavované chemickou modifikáciou (najčastejšie možno metyláciou) niektorých jadrových DNA (čo odpovedá „epigenéze v užšom zmysle slova“ – takto zúžene chápe zatiaľ epigenézu asi väčšina molekulárnych biológov) (23).

Fény, samostatné replikačné jednotky, sú v poslednej inštancii závislé na génoch (ostatne, to isté platí aj pre mémy) – bez génov by sa ich replikácia čoskoro zastavila. Jednako, vzájomná interakcia génov a fénov, ktorá má rovnocenne priestorovú i časovú zložku, robí z organizmov štvorrozmerné štruktúry. Preto tiež komplexnosť organizmu, ale aj komplexnosť samotnej DNA, nemožno vyjadriť len ako sekvenčnú (algoritmickú) komplexnosť v rozmeroch priestoru, ale musí byť do nej zahrnutá aj časová dimenzia (24).

2. Je digitálny počítač vhodným modelom mozgu?

Štvorrozmernosť komplexnosti DNA spochybňuje tradičnú informačnú metaforu biológie, podľa ktorej sú štruktúra a biologické vlastnosti organizmu zapísané v podobe informácie, predstavovanej lineárnym sledom nukleotidov v DNA – akoby v akejsi magnetofónovej páske, alebo, módnejšie a adekvátnejšie, v kompaktnej digitálnej platni (ako sled núl a jedničiek). Hlavnú ranu dostala ale táto metafora pred nedávnom, keď ukončenie sekvenovania ľudskej jadrovej DNA ukázalo, že ľudský génom pozostáva len zo štyroch desiatok tisíc génov: človek má v podstate rovnaký počet génov ako myš a iba trikrát viac ako ovocná muška *Drosophila*.

Zdá sa, že Shannonov koncept informácie, ktorého aplikácia na biológiu bola nesporne plodná a heuristicky užitočná, bude treba v biológii opustiť a nahradiť iným. Shannonovej informácie je možno v organizmoch málo a ich činnosť nespočíva asi v prenášaní a „spracovávaní“ tejto informácie. Vedľa informácie bude treba zaviesť nové diskriminujúce termíny: **inštrukcia, exformácia, komplementy, restriktory**. Akokoľvek sa mohli mýliť biologickí štrukturalisti, v ich pochybnostiach o tom, či je génom analógiou magnetofónovej pásky, zdá sa dnes byť hodne opodstatnenia. Ich predstava o fungovaní génov bola interpretovaná tak, že gény sú skôr len „regulovčici dopravy“, „nerobia nič viac iba nasmerovávajú autonómnou dynamiku vyvíjajúceho sa organizmu do predpísaného smeru“ (25). Štrukturalisti asi prehánali presvedčenie o nepodstatnej roli náhody vo fylogénéze i ontogénéze a o tom, že „zákony foriem“, analogické fyzikálnym zákonom, predpisujú dynamiku života bez toho, aby k tomu nejako podstatnejšie potrebovali gény. No v hlavnom prúde biológie, ktorému oponovali, ako by sa zas bolo pozabudlo na múdry postreh samotného Darwina (26): „...celý organizmus je pri raste a vývine tak úzko spätý, že ak dôjde v jednej časti k nepatrnej zmene, ktorá sa potom prírodným výberom hromadí, sú usposobované aj iné časti...“

Problematičnosť metafory Shannonovej informácie v biológii akcentuje zároveň význam námietok tých vedeckých pracovníkov i filozofov, ktorí aj metaforu mozgu ako zariadenia na spracovanie informácií spochybňovali (27-32). Porovnávanie mozgu s počítačom v našich časoch rozvoja počítačovej techniky môže mať svoju analógiu s dobou pred dvoch storočí: vtedy prekvitala mechanika a tak sa mozog porovnával s mechanickými zariadeniami, napr. s hodinami. Život však, a mozog ako jeden z jeho prejavov, nie je mechanickým a ani čisto fyzikálnym zariadením, a teda ani nie fyzikálnym počítačom – život je založený na chémii. V princípe by mohol byť aj čisto fyzikálnym systémom – umelý život, čo ľudia čoskoro skonštruujú, takým asi aj bude – no vznik a evolúcia života na Zemi rozhodli, že pozemský život bol až do počiatku 21. storočia chemickým systémom.

Peter Fedor si toho bol zrejme vedomý. To mohla byť jedna z príčin, prečo po vynútených i dobrovoľných životných peripetiách nakoniec zakotvil na oddelení bioenergetiky ivanského ústavu, v kolektíve biochemikov. Nie iba model D-neurónu, prenesený z matematickej abstrakcie do hmotnej podoby, mal biochemickú povahu. Biochémia bola aj v jeho úvahách o účasti dendritických trňov v mechanizme učenia a pamäti. Bol presvedčený, že podstata vedomia musí spočívať v koordináciách dlhého dosahu v mozgu, nie iba v lokálnych interakciách neurónov – predbiehal záujem o „problém viazania“ (binding problem), ktorý priťahuje pozornosť mnohých neurobiológov dnes (33-36). Domnieval sa, že tieto koordinácie sú umožnené šírením sa v mozgu vlnenia na infračervenej frekvencii, ktorého všeobecnú existenciu v bunkách predpokladal Fröhlich. Aj keď Fröhlich toto vlnenie považoval za kvantovo-mechanický fenomén v biológii (37), ich skutočným základom sú oscilácie molekulárnych dipólov v lipidovej membráne, ktoré sa rezonanciou prenášajú na iné makromolekuly v bunke – na ich identifikáciu bude treba chémiu.

Dynamika chemického systému, najmä pokiaľ sa v ňom vyskytujú chemické reakcie autokatalytickej povahy, sa podobá dynamike hydrodynamického procesu (38). Pri trvalom vtoku energie do systému sa systém udržuje v stave vzdialenom od termodynamickej rovnováhy a tvoria sa v ňom dynamické, disipatívne štruktúry (analogické vírom pri turbulencii v kvapalinách). (Mimochodom, je dokonca možné, že aj fedorovské „xéroxové obrázky“ v membránach by mohli byť v skutočnosti disipatívnymi štruktúrami, udržovanými len vďaka trvalej disipácii energie.) Akokoľvek komplexné môžu disipatívne štruktúry vyzeráť a v termínoch informácie by teda mali vyžadovať veľa informácie na svoju tvorbu i udržovanie, v skutočnosti podliehajú len malému počtu „inštrukcií“, ako ich vyjadrujú diferenciálne rovnice, popisujúce (a „predpisujúce“) ich dynamiku. Žabotinského-Belousovov

systém (ŽBS) je známym príkladom dynamického chemického systému. Dokáže vytvárať na prvý pohľad komplexné časové a priestorové štruktúry. Keby sme nič nevedeli o ich chemickej povahe, mohli by sme ich chápať ako obrazy, podobné tým, čo zhotovujú umelci. Používajúc štandardné vyjadrenie, povedali by sme, že do obrazu umelca je vložené veľa informácie. Ak by sme si mali predstaviť, že by táto informácia mala byť „zakódovaná“ do génov, v zhode so štandardným chápaním by zhotovenie obrazu vyžadovalo veľký, priam ohromný (v závislosti od jemnosti diskriminácie, dodatočnej digitalizácie obrazu) počet génov. S obrazom umelca by naozaj tak bolo, no s obrazcami ŽBS je to celkom ináč: Celá „informácia“ pre ŽBS je vyjadrená niekoľkými rovnicami, ktoré ho kompletne popisujú a ak by sme ho mali vyjadriť v terminológii génov, dalo by sa povedať, že celú zdanlivú komplexnosť ŽBS určuje iba celkom malý počet génov.

Na mozog sa tiež možno pozerat' ako na dynamický chemický systém. Samozrejme, podstatne komplexnejší ako je ŽBS a skomplikovaný tým, že v ňom spolu s disipatívnymi štruktúrami koexistujú konzervatívne konštrukcie (aj keď nemožno vylúčiť, že i samotné membrány mozgu a komponenty cytoskeletu sú v skutočnosti tiež v podstate disipatívnymi štruktúrami). Nielen zhotovenie, ale ani činnosť mozgu by si nevyžadovali nejakými veľký počet génov (a „informácie“). „Práca“ mozgu by nebola „spracovávaním“ informácie: inputy z vonkajšieho (a rovnako z vnútorného) prostredia by neboli „informáciami“, ale špecifickými potenciálovými kopčkami, dolu ktorými by chemický systém spontánne „stekal“ do vopred nastavených potenciálových miním. Iba konkrétny charakter týchto miním by bol vyselektovaný v evolúcii selekciou na fitness a iba on by bol určený génmi – relatívne malým počtom, tak málo odlišným u myši a u človeka, že sa rozdiel ani nezbadá.

Aj súbor molekúl prvej samoreplikujúcej nukleovej kyseliny, na začiatku vzniku života na Zemi, bol takýmto dynamickým chemickým systémom. Až vtedy, keď sa nukleová kyselina získala okrem samoreplikácie aj funkciu „kódovania“, stala sa digitálnym systémom. Ale tento digitálny systém vytvára v bunkách nanovo dynamický chemický systém, o správaní ktorého rozhodujú potenciály energie: proteíny. Skladanie proteínu do natívnej podoby (folding) je dynamickým procesom, priťahovaným do minima voľnej energie, predpísaným princípmi chemickej interakcie polárnych a hydrofóbnych častí peptidového reťazca. Podobnú povahu má asi morfogenéza. Neuskutočňuje sa čítaním nejakej „informácie“ uloženej do „plánu“ orgánu alebo organizmu, ale je to dynamický proces po spáde energetických potenciálov, homologický ŽBS, aj keď zložitejší. Je potom celkom prirodzené uvažovať aj o biologickej kognícii nie ako o „spracovávaní informácií“, ale v tom zmysle, ako to bolo naznačené. Až evolučná emergencia jazyka (nie až hovoreného, už jazyka myslenia, mentalézy), s jeho digitálnym charakterom, dala možno ľudskej kognícii ten charakter, ktorý ju v malinkej časti robí podobnou činnosti digitálneho počítača.

Alan Turing, duchovný otec digitálnych počítačov, bol, celkom paradoxne, zároveň objaviteľom možnosti, že by v homogénnych chemických systémoch mohli vznikať štruktúry. Dalo by sa vlastne hovoriť o „dvoch Turingoch“. Prvom (39), spojenom s predstavou mozgu ako digitálneho počítača spracujúceho informácie. Druhom (40), na ktorého by sa môžeme odvolávať my, čo uprednostňujeme názor, že život vo svojom celku, a mozog ako jeden z jeho prejavov, je dynamickým chemickým systémom, v ktorom je informačných transakcií relatívne málo.

3. Sú emócie neoddeliteľnou súčasťou ľudskej kognície?

Aj tí, čo veria, že by digitálny počítač mohol slúžiť ako model mozgu, začínajú priznávať čoraz častejšie, že doterajšie modely mali jeden základný nedostatok: počítačom chýbajú emócie. Peter Fedor si tento nedostatok uvedomoval od počiatku svojich štúdií psychických funkcií. K presvedčeniu, že emócie sú dominujúcim komponentom ľudskej

psychiky, ho viedlo aj jeho vlastné prežívanie sveta: bol človekom veľmi citlivým, bol veľkým znalcom a vychutnávačom umenia. Z vlastnej skúsenosti poznal, čo je to patológia emócií a ako chmáry ťažkých smútkov niekedy rozoženie nie úporná racionalizácia svojimi metafyzickými argumentmi, ale opakované dávky chemických látok – antidepresív.

Svoje predstavy testoval experimentálne. Nechával počítaču upravovať jednoduché hudobné melódie do takej podoby, aby konečný hudobný tvar maximalizoval v poslucháčovi príjemný zážitok z jeho vnímania. Podľa Fedora sa to dosahovalo nastavovaním vyvážení medzi pocitom bezpečia, ktorý poskytuje odhad toho, čo príde, teda familiárnosťou, a pocitom prekvapenia, novosti, keď sa objavuje niečo neočakávané. Oddávna sa traduje, že „umenie je harmónia očakávania a prekvapenia“ (41). Lenže to sa nevzťahuje len na diela umelcov. Umenie života, životná múdrosť, spočíva zrejme v schopnosti udržovať rovnováhu medzi potešeniami z toho, čo človek má a čo mu poskytuje istotu a hodnotové ukotvenie a z toho, čo získava objavovaním nového, prijímaním nečakaného, permanentnou hrou plnou hazardu a prekvapivosti. Nebyť predčasného úmrtia, bol by nám raz možno Peter Fedor zhotovil manuál životnej múdrosti.

Doterajšie snahy skonštruovať „emocionálne počítače“, akokoľvek obdivuhodné a chvályhodné (42-47), raz asi budú hodnotené ako naivné. Preto, lebo naďalej vychádzajú z problematického princípu porovnávania mozgu s digitálnym počítačom. Nič však lepšie nepodporuje presvedčenie, že mozog je chemický systém a že ho takto treba skúmať i modelovať, ako práve existencia emócií. Emócia sa nezdá byť záležitosťou nejakej lokálnej oblasti mozgu (aj keď stále prežíva názor o limbickom systéme mozgu ako o „sídle emócií“), ani stavom neurónových sietí mozgu. Je to stav ducha a tela ako celku, radosť i bolesť sa v nás rozlievajú „až do končekov prstov“. Možno sa domnievať, že emočné stavy, ktoré subjektívne prežívame, sú výsledkom namiešania zložitých „koktejlov“ **emotónov**, chemických látok, čo modulujú nielen neurotransmisiu v mozgu, ale biochemické procesy celého organizmu. Čo ak najnovšie fázy biologickej evolúcie človeka boli najmä selekciou na prežívanie emócií, čo ak samotná schopnosť sebauvedomenia sa objavila najmä (či iba?) preto, aby sme svoje emócie, smútky i radosti, prežívali vedome? Čo ak ľudská **hyperemocionalita** je výsledkom evolučného „splašenia sa“ (run-away)? V inej sfére evolúcie, v sexuálnom výbere, podobný run-away vytvoril rozmanité bizarné formy: paradigmatickým príkladom je dlhý a pestrý chvost pávích samcov, ktorý im prekáža v pohybe, ale zato fascinuje pávie samičky a tým si udržuje svoju evolučnú kontinuitu.

Záver

Minimalizovať ľudské utrpenie – to je dostatočne náročná stipulácia, ale aj axiologický imperatív, vyplývajúci z kognitívnej biológie (24). Run-away emocionálneho výberu viedol v ľudskej evolúcii k hypertorfii rovnako negatívnych, ako pozitívnych emócií. Preto človek neusiluje iba o vyhnutie sa bolesti, čo je prevážnou starosťou iných živočíchov. Človek baží po príjemnosti; ženie sa za slasťou. A tak k jeho dvom živočíšnym špecifikám, k tomu, že je *animal pavidum* a *animal mythophilum* možno pridať tretie: človek je *animal voluptarium*.

Príroda s tým počítala do tej miery, až sa prepočítala: jednu z najväčších zdrojov rozkoše, erotiku, sa kultúre podarilo temer celkom oddeliť od jej rozmnožovacej funkcie. Tam, kde sú zdroje skutočnej erotickej slasti obmedzené, moderná civilizácia štedro poskytuje stále ľahšie dostupnú imaginárnu náhradu: od erotických filmov a televíznej pornografie po virtuálny sex.

Tým ako by sa stále viac vytrácal zo sveta iný zdroj potešení. Ten, ktorý dobre poznali a vyhľadávali starí Gréci a Rimania: možnosť duchovne obcovať s výnimočnými ľuďmi. Ľuďmi, ktorí svojou imagináciou, trvalým okúzlením svetom, intenzívnym citovým prežívaním ľudských vzťahov, neustále novými myšlienkami, dokážu obohacovať a

ozvláštňovať život tých, čo žijú v ich blízkosti. Takýmto výnimočným človekom bol Peter Fedor. Bol obohatením a ozvláštnením života pre nás všetkých, čo sme boli jeho priateľmi.

Literárne odkazy

- (1) Minsky, M. and Papert, S. (1969) Perceptrons: an introduction to computational geometry. MIT Press, Cambridge, MA
- (2) Kvasnička, V., Beňušková, L., Pospíchal, J., Farkaš, I., Tiňo, P. and Král, A. (1997) Úvod do teórie neurónových sietí. Iris, Bratislava
- (3) Gershon, N. D., Demsey, A. and Stackpole, C. W. (1979) Analysis of local order in the spatial distribution of cell surface molecular assemblies. *Exp. Cell Res.* 122, 115-126
- (4) Pearson, R. P., Hui, S. W. and Stewart, T. P. (1979) Correlative statistical analysis and computer modelling of intramembraneous particle distributions in human erythrocyte membranes. *Biochim. Biophys. Acta* 557, 265-282
- (5) Rosen, R. (1979) Patching and capping of cell membrane receptors as examples of morphogenetic movement. *J. Theor. Biol.* 80, 149-153
- (6) Schiffmann, Y. (1979) Reaction and diffusion in membranes. *Biochem. Soc. Trans.* 7, 1140-1142
- (7) Zinovjeva, E. E., Simakova, I. M. and Kapreljanc, A. S. (1979) Lateral'naja neodnorodnost' bakterial'noj membrany. *Biokhimiya* 44, 931-939
- (8) De Laat, W. W., Van der Saag, P. T., Elson, E. L. and Schlessinger, J. (1980) Lateral diffusion of membrane lipids and proteins during the cell cycle of neuroblastoma cells. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S.* 77, 1526-1528
- (9) Koppel, D. E. (1981) Association dynamics and lateral transport in biological membranes. *J. Supramol. Struct. and Cell Biochem.* 17, 61-67
- (10) Kell, D. B. (1984) Diffusion of protein complexes in prokaryotic membranes: fast, free, random or directed? *Trends in Biochem. Sci.* 9, 86-88
- (11) He, N. B. and Hui, S. W. (1985) Electron microscopic observation of domain movement in reconstituted erythrocyte membranes. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S.* 82, 7304-7308
- (12) Jaffe, L. F. (1977) Electrophoresis along cell membranes. *Nature* 265, 600-602
- (13) Orida, N. and Poo, M. M. (1978) Electrophoresis movement and localization of acetylcholine receptors in the membrane of embryonic muscle cells. *Nature* 275, 31-36
- (14) Poo, M.-m., Lam, J. W., Orida, N. and Chao, A. W. (1979) Electrophoresis and diffusion in the plane of the cell membrane. *Biophys. J.* 26, 1-22
- (15) Woodruff, R. I. and Telfer, W. H. (1980) Electrophoresis of proteins in intercellular bridges. *Nature* 286, 84-86
- (16) Larter, R. and Ortoleva, P. (1981) A theoretical basis for self-electrophoresis. *J. Theor. Biol.* 88, 599-630
- (17) McLaughlin, S. and Poo, M.-m. (1981) The role of electro-osmosis in the electric-field-induced movement of charged macromolecules on the surfaces of cells. *Biophys. J.* 34, 85-93
- (18) Feudel, U. and Ebeling, W. (1984) A simple theoretical model for self-electrophoresis. *Studia biophys.* 100, 131-138
- (19) Maynard Smith, J. (1990) Models of a dual inheritance system. *J. Theor. Biol.* 143, 41-53
- (20) Palade, G. E. (1978) Membrane biogenesis. In: Solomon A. K., and Karnovsky, M. (Eds.) *Molecular specialization and symmetry in membrane function.* Harvard University Press, Cambridge, MA, pp. 3-30

- (21) Poyton R. O. (1983) Memory and membranes: The expression of genetic and spatial memory during the assembly of organelle macrocompartments. *Modern Cell Biol.* 2, 15-72
- (22) Kováč, L. (1979) Biogenéza membrán. In: *Membrány a buněčný transport*. ČSAV, Praha, pp. 13-17
- (23) Wu, C.-t. and Morris, J. R. (2001) Genes, genetics, and epigenetics: a correspondence. *Science* 293, 1103-1105
- (24) Kováč, L. (2000) Fundamental principles of cognitive biology. *Evol. Cogn.* 6, 51-69
- (25) Kováč, L. (1988) Štrukturalizmus v biológii. *Biol. listy* 53, 222-227
- (26) Darwin, C. (1953) O vzniku druhů přirozeným výběrem. Nakladatelství ČSAV, Praha, p. 98
- (27) Pattee, H. H. (1974) Discrete and continuous processes in computers and brains. In: Conrad, M., Güttinger, W. and Dal Cin M. (Eds.) *Physics and mathematics of the nervous system*. Springer, New York
- (28) Gibson, J. J. (1979) *The ecological approach to visual perception*. Houghton Mifflin, Boston
- (29) Carello, C., Turvey, M. T., Kugler, P. N. and Shaw, R. E. (1984) Inadequacies of the computer metaphor. In: Gazzaniga, M. S. (Ed.) *Handbook of cognitive neuroscience*. Plenum Press, New York, pp. 229-248
- (30) Johnson-Laird, P. N. (1988) *The computer and the mind*. Harvard University Press, Cambridge, MA
- (31) Holland, J. and Mimaugh, H. (Eds.) (1996) *Hidden order: how adaptation builds complexity*. Perseus, N. Y.
- (32) Fetzer, J. H. (2001) *Computers and cognition: why minds are not machines*. Kluwer, Dordrecht
- (33) Fodor, J. A., and Pylyshyn, Z. W. (1988) Connectionism and cognitive architecture: a critical analysis. In: S. Pinker, S. and Mehler J. (Eds.) *Connections and Symbols*. MIT Press, Cambridge, MA, pp. 3-71
- (34) Carr, C. E. (1993) Processing of temporal information in the brain. *Annu. Rev. Neurosci.* 16, 223-243
- (35) Hardcastle, V. G. (1994). Psychology's binding problem and possible neurobiological solutions. *Journal of Consciousness Studies*, 1:66-90
- (36) Harth, E. (1994) *The Creative Loop: How the Brain Makes a Mind*. Addison-Wesley, Reading
- (37) Fröhlich, H. (1969) Quantum mechanical concepts in biology. In: Marois, M. (Ed.) *Theoretical physics and biology*. North Holland, Amsterdam, p. 13
- (38) Glansdorff, B. and Prigogine, I. (1971) *Thermodynamic theory of structure, stability and fluctuations*. Wiley, New York
- (39) Turing, A. M. (1950) Computing machinery and intelligence. *Mind* 59, 443-460
- (40) Turing, A. M. (1952) The chemical basis of morphogenesis. *Philos. Trans. Royal Soc.* 237, 37-46
- (41) Riedl, R. (1984) *Die Strategie der Genesis*. Piper, München, p. 298
- (42) Frijda, N. and Swagerman, J. (1987) Can computers feel? Theory and design of an emotional system. *Cognition and Emotion* 1, 235-257
- (43) Picton, T. W. and Stuss, D. T. (1994) Neurobiology of conscious experience. *Curr. Opinion in Neurobiol.* 4, 256-265
- (44) Picar, R. W. (1997) *Affective computing*. MIT Press, Cambridge, MA
- (45) Trappl, R. and Petta, P. (1997) *Creating personalities for synthetic actors*. Springer, Berlin

- (46) Beardsley, T. (1998) Getting real? Sci. Amer. 275 (7) 21-22
(47) Cross, M. (1998) I sense therefore I am. New Sci. 28 November, 52