Vyberáme zo svetovej literatúry

Neurálne mechanizmy výberu partnera: hypotéza*

Helen Fisher[1], Arthur Aron[2], Debra Mashek[2], Haifang Li[3], Greg Strong[2], Lucy L. Brown[4]

The Neural Mechanisms of Mate Choice: A Hypothesis

Súhrn

Vedci opísali mnoho fyzických a behaviorálnych charakteristík, s ktorými sa stretávame u vtáčích a cicavčích druhov pri vábení partnerov. Ale mechanizmy v mozgu, vďaka ktorým sa jedinci rovnakého druhu stávajú vzájomne atraktívnymi sú neznáme. Tento článok uvádza, že existujú dva aspekty vo výbere partnera/ky, ktoré sa vyvinuli spoločne: 1)charakteristiky, ktoré sa vyvinuli u jedincov, ktorí sa prejavujú ako„ producenti“ (display producer), snažiaci sa upútať partnera/ku a 2) korešpondujúce neurálne mechanizmy u jedincov, prejavujúcich sa ako„volitelia“ (display chooser), ktorí sú lákaní týmito prejavenými vlastnosťami. Ďalej pojednáva o našom aktuálne prebiehajúcom projekte fMRI skenovania mozgu ľudí v čase romantickej atrahovanosti, pričom veríme, že ide o formu „atrahovanosti pri dvorení“, ktorá je spoločná pre rôzne druhy vtákov a cicavcov, so spoločným primárnym základným neurálnym mechanizmom výberu partnera u vtákov a cicavcov. V článku predpokladáme, že atrahovanosť počas dvorenia je asociovaná so zvýšenými hladinami centrálneho dopamínu a noradrenalínu a zníženými hladinami centrálneho serotonínu v dráhach odmeňovacieho systému v mozgu. Takisto sa zamýšľame nad tým, že atrahovanosť počas dvorenia (courtship attraction) je časťou trojjediného systému v mozgu pre párenie, reprodukciu a rodičovstvo. 1) Sexuálne pud sa vyvinul ako motivácia pre dvorenie u vtákov a cicavcov voči niekomu z špecifickému z druhu. 2) Systém atrahovanosti sa vyvinul, aby umožnil jedincom rozlišovať medzi potenciálnymi partnermi/kami na párenie a aby zameral aktivity dvorenia (courtship activities)na konkrétnych jedincov, čím umožňuje šetriť energiu a čas na párenie. 3) Neurálne okruhy pre väzbu (attachment) sa vyvinuli, aby umožnili jedincom plniť druhovo-špecifické rodičovské povinnosti.

Kľúčové slová: výber partnera; atrahovanosť; proceptivita; dopamín; fMRI skenovanie; neuronálne okruhy.

Summary

Scientists have described many physical and behavioral traits in avian and mammalian species that evolved to attract mates. But the brain mechanisms by which conspecifi cs become attracted to these traits is unknown. This paper maintains that two aspects of mate choice evolved in tandem: 1) traits that evolved in the “display producer” to attract mates and, 2) corresponding neural mechanisms in the “display chooser” that enable them to become attracted to these display traits. Then it discusses our (in-progress) fMRI brain scanning project on human romantic attraction, what we believe is a developed form of “courtship attraction” common to avian and mammalian species as well as the primary neural mechanism underlying avian and mammalian mate choice. The paper hypothesizes that courtship attraction is associated with elevated levels of central dopamine and norepinephrine and decreased levels of central serotonin in reward pathways of the brain. It also proposes that court-ship attraction is part of a triune brain system for mating, reproduction and parenting. 1) The sex drive evolved to motivate birds and mammals to court any conspecifi cs. 2) The attraction system evolved to enable individuals to discriminate among potential mating partners and focus courtship activities on particular individuals, thereby conserving mating time and energy. 3) The neural circuitry for attachment evolved to enable individuals to complete species-specific parental duties.

Key words: mate choice; attraction; proceptivity; dopamine; fMRI scanning; brain circuits.

Úvod

Charles Darwin rozlišoval medzi dvoma typmi sexuálnej selekcie, intrasexuálnou selekciou, pomocou ktorej jedinci jedného pohlavia rozvíjajú vlastnosti, ktoré im umožňujú si navzájom priamo konkurovať pri získavaní príležitostí na párenie; a intersexuálna selekcia, pomocou ktorej jedinci toho istého pohlavia rozvíjajú vlastnosti, ktoré sú u členov opačného pohlavia preferované [1]. Druhý z týchto dvoch procesov používaných pre úspešné párenie je známy ako "výber partnera" (mate choice). Tento článok sa pridržiava názoru, že sa spoločne vyvinuli dva aspekty výberu partnera: 1) vlastnosti,rysy, ktoré sa vyvinuli u jedincov prejavujúcich sa ako„ producenti“ ("display producer"), snažiaci sa upútať partnera/ku a 2) korešpondujúce neurálne mechanizmy u jedincov, prejavujúcich sa ako„volitelia“, ktorí sú lákaní týmito prejavenými vlastnosťami. Je dobre známe, že veľa jedincov má nejaké preferencie, ktoré hľadá u partnera, keď si ho vyberá. V skutočnosti fenomén výberu partnera je v prírode tak bežný, že etologická literatúra pravidelne používa rôzne termíny na jeho opísanie, vrátane výrazov ako "výber partnera", "výber samice", "preferencie partnera", "preferencie jedinca", "protekcia", "sexuálna voľba" a "selektívna proceptivita". V posledných desaťročiach vedci opísali mnoho fyzických a behaviorálnych charakteristík, ktoré sa vyvinuli u vtákov a cicavcov prostredníctvom výberu partnera [2,3]. Vytvorenie pier na pávom chvoste je štandardným príkladom. Nikto však zatiaľ nedefinoval korešpondujúce neuronálne mechanizmy u jedinca prejavujúceho sa ako voliteľ ("display chooser"), mozgové mechanizmy, pomocou ktorých si voliteľ vnútorne spracuje tieto prejavené vlastnosti, pričom jedny preferuje a ďalšie odmieta a energiu párenia upriamuje na časť jedincov toho istého druhu, a tým praktizuje výber partnera (mate choice). Týmto článkom sa pokúšame definovať základné neurálne mechanizmy, ktoré facilitujú partnerské preferencie, mechanizmy, pomocou ktorých voliteľ preferuje a sleduje istých jedincov z jeho druhu. Tento neurálny mechanizmus nazývame „atrahovanosť počas dvorenia“ ("courtship attraction").

Vznikla hypotéza, že atrahovanosť v rámci dvorenia je asociovaná so špecifickou a jednoznačnou konšteláciou neurálnych korelátov – "systému atrahovanosti" (attraction system); že tento systém funguje v tandeme s ďalšími neurálnymi systémami, zahŕňajúcich sexuálny pud a okruhy pre senzorické vnímanie, rozlišovanie a pamäť; že atrahovanosť v rámci dvorenia je vyjadrená v rozličných časových úsekoch a v rôznych stupňoch u rozličných druhov podľa jednotlivých druhovo špecifických reprodukčných stratégií ;a že tento neurálny okruh atrahovanosti sa vyvinul, aby umožnil prejavujúcim sa voliteľom počas dvorenia vykonať tri nevyhnutné úlohy: 1) rozlišovať medzi prejavmi dvorenia; 2) preferovať tie prejavy, ktoré vykazujú kvalitnejšie gény, lepšie zdroje a/alebo viac rodičovských investícií; a 3) motivovať prejavujúceho sa voliteľa, aby upriamil pozornosť a úsilie pri dvorení na konkrétnych partnerov/ky pre párenie, čím ušetrí čas a energiu pri dvorení.

Predpokladá sa, že u väčšiny cicavcov a vtáčích druhov je tento excitačný stav atrahovanosti počas dvorenia krátky, atraktivita trvá len minúty, hodiny, dni alebo týždne. U ľudí sú neurálne mechanizmy asociované s atrahovanosťou počas dvorenia viac vyvinuté, vytvorené na fyziologických základoch toho, čo sa obyčajne nazýva vášnivá láska, posadnutá láska, "byť zaľúbený" a/alebo romantická láska.

Prehľad tejto oblasti

Psychológovia obvykle rozlišujú medzi afektívnym stavom romantickej atrahovanosti, náklonnosti (vášnivej lásky, "zaľúbenosti") a sexuálnou túžbou [4,5,6,7,8]. Ale tento motivačno-emočný systém, atrahovanosť počas dvorenia, nie je jasne opísaný v žiadnej etologickej literatúre. Namiesto toho etológovia väčšinou spájajú atrahovanosť so sexuálnym pudom a tento behaviorálny/ fyziologický stav nazývajú "proceptivita". Sú tu však výnimky. Roku 1976 opísal Frank Beach rozdiel medzi sexuálnym pudom a atrahovanosťou takto: " Vyskytnutie alebo nevyskytnutie sa kopulácie závisí od individuálnej afinít a averzií, rovnako ako od prítomnosti alebo absencii sexuálnych hormónov samice... proceptívne a receptívne správanie môže závisieť od odlišných anatomických a neurochemických systémov v mozgu" [9]. Nedávno Donald Pfaff a kol. rozlíšili medzi hormóndependentou elevéciou nabudenost k dvoreniu a expresie prístupnosti a iných správaní pri dvorení; urobili to kvôli rôznym aspektom správania pri párení a fyziológie [10].

Niekoľko vedcov tiež bralo do úvahy anatomické a/alebo neurochemické mechanizmy, ktoré tvoria a riadia atrahovanosť počas dvorenia. Darwin sa zamýšľal nad tým, že samičie partnerské preferencie vyplývajú z ich vrodeného zmyslu pre krásu. Nepredkladá však žiaden názor (čo je zrozumiteľné), ako táto samičia atrahovanosť ku kráse funguje v mozgu. Napísal, " Je však ťažké získať priame dôkazy o ich kapacite oceniť krásu" [11].

Hutchinson a Hutchinson sa zamýšľajú nad tým, že dvorenie by mohlo znamenať "sekvenciu výberového správania, pričom každá jej časť si vyžaduje rôzne mechanizmy" a špekulujú o nejakých základných nervových mechanizmoch, asociovaných s partnerskými preferenciami [12]. Spochybňujú, či sú do tohto procesu zahrnuté pohlavné hormóny, hovoria, "Je dobre známe, že hormóny úzko súvisia so sexuálnym správaním. Ale to, či majú pohlavné hormóny nejakú špecifickú funkciu pri vzniku a expresii partnerských preferencií... to, zdá sa, nevieme" [13]. Zatiaľ dospeli k záveru, že testosterón a niektoré z androgénnych metabolitov by v niektorých aspektoch mohli byť zapojené do výberu partnera u vtákov.

Geoffrey Miller predpokladal, že vo výbere partnera sa uplatňujú endorfíny. Popisuje, že u "voliteľov" sa muselo vyvinúť niekoľko schopností na rozpoznanie a zareagovanie na prejavy u "prejavujúcich sa producentov," a v niektorých aspektoch sa uplatňuje senzorická percepcia, kognícia, pamät, úsudok a pocity slasti. Túto konšteláciu neurálnych me-

[1]Department of Anthropology, Rutgers Uuniversity, New Brunswick, NJ, USA.
[2]Department of Psychology, SUNY Stony Brook
[3]Department of Radiology, SUNY Stony Brook
[4]Department of Neurology and Neuroscience, Albert Einstein College of Medicine
Adresa pre korešpondenciu: Dr. Helen E. Fisher,
4 East 70th Street, New York City, NY 10021, USA
e-mail: hefisher@worldnet.att.net

chanizmov u obidvoch pohlaví nazval "mentálna mašinéria" ("mental machinery") a "výbava pohlavného výberu" ("sexual choice equipment") [14]. Miller ďalej rozlišuje medzi " studenými voliteľmi" ("cold choosers"), ako je hmyz, ktorých priťahujú ornamentálne prejavy, bez precítenia nejakej slasti a "vášnivými voliteľmi" ("hot choosers"), ktorými sú živočíchy riadené pri výbere partnera subjektívnymi pocitmi slasti. Píše, "Vášnivý voliteľ má v mozgu veľkú mierku pôžitku – čo môže byť niečo ako hladina endorfínov kolujúcich v nervovom systéme"[15]. Miller tvrdí, že obidve pohlavia zdedia a odovzdajú svojmu potomstvu gény, ktoré zaručujú túto mentálnu mašinériu pre preferenciu partnera [16].

Frank Beach tiež uznal, že proceptívne správanie sa skladá z viac ako jedného neurochemického systému a naznačoval, že pohlavné hormóny by mohli zasahovať spoločne s monoamínmi. Tak ako uviedol, "správanie sa počas párenia u samičiek potkanov liečených blokátormi monoamínových receptorov ukazuje, že lordotické a ponúkacie správanie môžu byť sprostredkované anatomicky a prípadne neurochemicky oddelenými systémami" [17, 18]. Následne sa zistilo, že niektoré monoamíny, zvlášť dopamín a noradrenalín (norepinefrín) hrajú dôležitú rolu v regulovaní aspektov proceptivity [19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26].

Predpokladáme, že niektoré z monoamínov, hlavne zvýšené hladiny centrálneho dopamínu a noradrenalínu a znížené hladiny centrálneho sérotonínu, sú primárne asociované s neurálnymi mechanizmami výberu partnera/ky [27]. Na túto hypotézu sme prišli po spustení výskumu atrahovanosti počas dvorenia u ľudí, ktorý pozostáva z troch častí. Na skúmanie si vyberáme atrahovanosť u ľudí, pretože tento motivačno-emočný systém je univerzálny pre ľudské spoločnosti, je rozsiahle opísaný v psychologickej literatúre a ľahšie usporiadateľný a kvantifikovateľný ako atrahovanosť počas dvorenia u iných druhov. V poslednej časti článku referujeme o tomto práve prebiehajúcom výskume ľudskej atrahovanosti počas dvorenia,ktorá je základom pre výber partnery/ky. Aký primárny neurálny mechanizmus sa pri tom uplatňuje?

1. Fáza: Hypotéza

Jankowiak a Fisher preskúmali 166 spoločností a našli dôkaz romantickej príťažlivosti u 89 % týchto kultúr. Zaľúbenci spievali zaľúbené piesne, písali zamilované básne, praktizovali kúzla lásky, opisovali mýty a legendy o láske a/alebo páchali samovraždy alebo vraždy kvôli neopätovanej láske. Autori nenašli žiadny negatívny dôkaz; v bilancii týchto spoločností sa nedostatok dôkazov pripisuje etnografickej chybe. Jankowiak a Fischer to uzavreli tak, že romantická atrahovanosť je univerzálny afektívny stav [28].

V prvej fáze výskumu tohto neurálneho spojenia bola presondovaná práve dostupná americká psychologická literatúra a bol zostavený zoznam psychofyziologických vlastností, pravidelne spojený s týmto excitačným stavom [29, 30, 31, 32]. Tieto primárne psychofyziologické charakteristiky romantickej atrahovanosti boli porovnané s behaviorálnymi efektmi centrálneho dopamínu, noradrenalínu a sérotonínu [33]. Nižšie uvádzame niekoľko korelácií, ktoré ukazujú, že u ľudí sú do atrahovanosti počas dvorenia zapojené zvýšené hladiny centrálneho dopamínu a noradrenalínu a znížené hladiny sérotonínu.

1. Romantická atrahovanosť je asociovaná s pozornosťou zameranou na konkrétneho preferovaného jedinca. Zvýšené koncentrácie centrálneho dopamínu a noradrenalínu sú spojené so zvýšenou a fokusovanou pozornosťou [34, 35, 36]. Tieto paralely naznačujú, že zvýšené hladiny centrálneho dopamínu a noradrenalínu prispievajú k zameraniu milencovej (v angl. the lover zahŕňa aj ženský rod; pozn. prekl.) pozornosti na milovanú osobu.

2. Milenec má tendenciu považovať milovanú osobu za nepreskúmanú a jedinečnú. Zvýšené hladiny centrálneho dopamínu sú spojené s odhaľovaním nového [37].

3. Milenec má sklon pamätať si drobné detaily súvisiace s milovanou osobou a s časom ktorý spolu strávili. Zvýšené hladiny centrálneho noradrenalínu sú asociované so zvýšeným pamätaním si nových stimulov [38].

4. Milenec sa stáva viac motivovaným hľadať možnosť zblíženia sa s milovanou osobou a vykazuje rôzne cielené správanie, ktorého cieľom je nadviazať kontakt. Zvýšené hladiny centrálneho dopamínu sú asociované s motiváciou a na cieľ zameraným správaním [39, 40, 41].

5. Pre milenca je charakteristická emočná závislosť na vzťahu s milovanou osobou a túžba, dokonca až bažanie (craving) po emocionálnom spojení s ňou. Emočná závislosť a craving sú aspekty závislosti, ktorá je asociovaná s dopamínovými a noradrenalínovými dráhami v mozgu [42,43,44].

6. Keď sú ľudia "zamilovaní" charakteristicky referujú o zvýšení energie, nespavosti a nezriedka znížení chuti do jedla, rovnako aj o stavoch emočnej lability s prevládajúcou eufóriou. Zvýšené hladiny dopamínu a noradrenalínu sú spojené s hyperaktivitou [45], nespavosťou [46], znížením chuti do jedla [47] a pocitmi eufórie [48, 49].

7. Nepriazeň zintenzívňuje pocity príťažlivosti. Fenomén známy ako "Rómeo a Júlia efekt" je s najväčšou pravdepodobnosťou spojený s elevovanými hladinami dopamínu. Keď sa odmena (reward) oddiali, zvýši sa aktivita buniek produkujúcich dopamín, ktoré sa nachádzajú v area tegmentalis ventralis stredného mozgu [50]. (Tento neurálny mechanizmus sa pravdepodobne vyvinul sčasti preto, aby v nepriaznivých časoch vtáky a cicavce pracovali tvrdšie na získaní geneticky vhodných partnerov.)

8. Najvýraznejším aspektom romantickej atrahovanosti je obsedantné premýšľanie o milovanej osobe. Obsdantné premýšľanie je obyčajne spojené so zníženými hladinami centrálneho sérotonínu [51, 52, 53].

Sústredená pozornosť, motivácia, cieľavedomé správanie, zvýšenie energie, nespavosť, strata chuť do jedla, pocity eufórie, obsedantné premýšľanie o milovanej osobe a zvýšenie príťažlivosti pri nepriazni osudu vo vzťahu sú všetko aspekty romantickej atrahovanosti a všetky tieto charakteristiky sú spojené so zvýšenými hladinami centrálneho do-

pamínu a noradrenalínu a/alebo zníženými hladinami centrálneho sérotonínu. Tieto prepojené údaje nás vedú k hypotéze, že romantická atrahovanosť slúžiaca k uprednostňovaniu jedinca rovnakého druhu je spojená so zvýšenými hladinami centrálneho dopamínu a noradrenalínu a zníženými hladinami centrálneho sérotonínu v zodpovedajúcich oblastiach mozgu. Vášnivá príťažlivosť má množstvo odstupňovaných foriem, v rozmedzí od romantickej opätovanej lásky až po neopätovanú lásku.Predpokladá sa, že tieto odstupňovania atrahovanosti sú spojené s odlišnými kombináciami centrálneho dopamínu, noradrenalínu a sérotonínu, a tiež s aktivitou množstva iných neurálnych systémov.

2. Fáza: Vypracovanie protokolu

Autori v druhej fáze tohto projektu navrhujú experiment na určenie toho, ktoré z rôznych stimulov by mohli produkovať pocity romantickej atrahovanosti. S jedenástimi ženami a tromi mužskými dobrovoľníkmi, ktorí uvádzali, že sú práve "šialene zamilovaní" bol v prvom rade zrealizovaný rozhovor; boli taktiež zozbierané dáta ohľadom ich romantického vzťahu cez sériu dotazníkov. Potom tieto subjekty použili počítačové dotazníky na označenie ich súčasných pocitov ohľadne romantickej lásky, pričom boli vystavení sérii stimulov, ako sú napr. vizuálne obrazy milovanej osoby, vôňa, pieseň, milostné vyznanie, spomienka na milovanú osobu a očakávaná udalosť s milovanou osobou. Ich odpovede boli nahrávané a porovnávané s odpoveďami počas reakcie na neutrálne stimuly v každej z vyššie uvedených kategórií. Následne boli štatisticky analyzované. Bolo stanovené, že pocity romantickej náklonnosti sú najefektívnejšie stimulované fotografiami milovanej osoby, "spomínaním si" na špecifické udalosti počas vzťahu a piesňami súvisiacimi so vzťahom [54].

Tieto dáta vytvorili základ protokolu pre funkčnú magnetickú rezonanciu (fMRI), ktorá tvorí III. fázu tohto projektu.

3. Fáza: fMRI vyšetrenie

V tretej fáze boli realizované rozhovory s dobrovoľníkmi vo veku medzi 18 až 28 rokov, ktorí uvádzali, že sú "práve šialene zamilovaní", na stanovenie miery ich romantickej vášne a na zhodnotenie vhodnosti pre fMRI skenovanie mozgu. Subjekty boli edukované ohľadom fMRI postupu a protokolu experimentu a vyplnili niekoľko dotazníkov; potom boli naplánované a zrealizované skenovania mozgu. Medzi úlohami, ktoré musel každý subjekt urobiť počas procesu skenovania mozgu bolo pozerať sa na fotografiu milovanej osoby a na fotografiu člena rodiny, ku ktorému necítil silné pozitívne ani negatívne emócie. Počas tohto 12 minútového experimentu bolo zozbieraných 3200 obrázkov mozgu od každého subjektu.

Táto fMRI štúdia aktuálne prebieha. Predpokladá sa, že určité oblasti mozgu súvisiace s pocitmi intenzívnej romantickej atrahovanosti budú tie s vysokou koncentráciou receptorových miest pre dopamín, noradrenalín a sérotonín, ako je nucleus caudatus a putamen a iné oblasti asociované s "odmeňovacím systémom " ("reward system“) v mozgu [55, 56, 57].

Diskusia

Bartels a Zeki uskutočnili podobný fMRI experiment na 17 mužoch a ženách, ktorí udávali, že sú "skutočne, hlboko, bláznivo zamilovaní" [58]. Títo vedci našli špecifické konštelácie mozgovej aktivity asociovanej s romantickou atrahovanosťou a usúdili, že sa jedná o "jedinečnú sieť oblastí, zodpovednú za evokovanie tohto afektívneho stavu" [59]. V ich štúdii sa objavila bilaterálna aktivácia v mediálnej insule, prednom cingulárnom kortexe, zadnom hipokampe, v hlave nucleus caudatus a putamene. Deaktivácia sa objavila v pravom prefrontálnom, parietálnom a strednom temporálnom kortexe, v mediálnom prefrontálnom kortexe, v zadnom cingulárnom gyre, a v zadnej oblasti amygdaly.

Nucleus caudatus sa spája s motiváciou, na cieľ zameraným správaním a sídli tu 80 % receptorových miest pre centrálny dopamín. Tieto údaje naznačujú, že naša hypotéza je prinajmenšom čiastočne správna: atrahovanosť počas dvorenia je v prvom rade motivačným systémom, ktorý sa aktivuje sčasti z bazálnych ganglií a súvisí s dopamínovými dráhami odmeňovacieho systému v mozgu.

Našu hypotézu, že zvýšené hladiny centrálneho dopamínu hrajú primárnu rolu pri atrahovanosti počas dvorenia u cicavcov podporujú taktiež dáta z animálnych štúdií. Zablokovaním aktivity dopamínu u potkanov klesá proceptívne správanie, zahŕňajúce skákanie a vrhanie sa [60]. Keď laboratórne vypestovaná samička hraboša prériového je spárená so samcom, vykazuje zreteľné preferencie pre tohto partnera. Tieto preferencie sú asociované s 50 % nárastom dopamínu v nucleus accumbens [61]. Keď je priamo do nucleus accumbens vpravený antagonista dopamínu, samičky už viac tohto partnera neuprednostňujú. Keď je samičke podaný dopamínový agonista, začne preferovať špecificky toho samca, ktorý je jej prezentovaný počas infúzie, aj keď s ňou nebol spárený [62].

Údaje z animálnych štúdií taktiež naznačujú, že noradrenalín je zapojený do reakcie atrahovanosti počas dvorenia. Keď je samička hraboša prériového vystavená kvapke moča samca na hornej pere, v častiach bulbus olfactorius sa uvoľňuje noradrenalín, čo prispieva k uvoľneniu estrogénu a súčasne k proceptívnemu správaniu [63]. Ovariálne hormóny, estradiol a progesterón spôsobia uvoľnenie noradrenalínu v hypotalame, ktorý vyvoláva lordotické správanie u potkanov, čo je primárny aspect správania sa počas dvorenia u týchto druhov [64]. Keď sú sexuálne vnímavej samičke potkana po ovarektómii podané injekcie estrogénu, po ktorých je následne pripustená k samcovi, párenie spôsobí uvoľnenie noradrenalínu v laterálnom ventromediálnom hypotalame [65].

Záver

Fisher (1998) predpokladala, že vtáky a cicavce majú vyvinuté tri odlišné mozgové systémy pre dvorenie, párenie, reprodukciu a rodičovstvo [66].

1. Sexuálny pud je charakterizovaný bažením po sexuálnom ukojení.
2. Atrahovanosť (favoritizmus, sexuálna preferencia, výber partnera) je charakterizovaná zameraním pozornosti

na preferovaného partnera, zvýšením energie, motiváciou a na cieľ zameraným správaním počas dvorenia.

3. Pre vzťahovú väzbu (attachment) je charakteristické udržiavanie blízkosti s partnerom/kou na párenie príslušnými gestami a vyjadrením upokojenia počas sociálneho kontaktu s ním/ňou, separačnou úzkosťou počas vzdialenia a rodičovským správaním ako je napr. obrana teritória, stavanie hniezda, vzájomné kŕmenie, iskanie (grooming) a iné rodičovské aktivity [67, 68, 69, 70].

Každý z týchto motivačno-emočných systémov, slasť, atrahovanosť a pripútanie (attachment), sú spojené s odlišnou konšteláciou neurálnych spojení, odlišnými vzorcami správania a odlišnými afektívnymi stavmi. Každý sa mení podľa reprodukčnej stratégie jednotlivých druhov. Takisto každý motivačno-emočný systém sa vyvinul, aby zohral odlišnú úlohu v reprodukcii [71]. Z dôvodu motivovania jednotlivcov hľadať sexuálne spojenie s nejakým vhodným členom rovnakého druhu sa vyvinul sexuálny pud. Atraktivita sa vyvinula z dôvodu motivovania jednotlivcov vybrať si spomedzi potenciálnych partnerov/partneriek na párenie, uprednostniť konkrétnych špecifických jedincov a zamerať pozornosť počas dvorenia na tohto/týchto jedincov, čím vlastne dochádza k výberu partnera. Neurálny okruh vzťahovej väzby dospelých samcov/samičiek sa vyvinul predovšetkým z dôvodu motivovania jednotlivcov udržať tieto afiliatívne spojenia dostatočne dlhú dobu, aby mohli dokončiť všetky svoje druhovo-špecifické rodičovské funkcie [72].

Tento článok sa zameral na neurálny okruh systému atrahovanosti. Je predpoklad, že výber partnera u cicavcov a vtákov je spojený s dvoma fenoménmi, ktoré sa vyvinuli spoločne: 1) charakteristiky, ktoré sa vyvinuli u jedincov prejavujúcich sa ako„ producenti“ (display producer) a, 2) zodpovedajúce neurálne mechanizmy, ktoré umožňujú jedincom, prejavujúcim sa ako„volitelia“ (display chooser) preferovať určité prejavené vlastnosti, tzv. "systém atrahovanosti (príťažlivosti)". Základom tohto neurálneho systému atrahovanosti počas dvorenia u vtákov a cicavcov sú zvýšené hladiny centrálneho dopamínu a noradrenalínu a znížené hladiny centrálneho sérotonínu v korešpondujúcich oblastiach mozgu.

Medzi oblasťami mozgu, ktoré sa pravdepodobne zúčastňujú na neurálnych okruhoch atrahovanosti a výberu partnera sú: 1) Nucleus caudatus a ďalšie oblasti bazálnych ganglií, ktoré sú asociované so zameraním pozornosti, motiváciou, na cieľ zameraným správaním, bažením a závislosťou. 2) Predný cingulárny kortex a ďalšie oblasti limbického systému asociované s emóciami, pocitmi a afektom. 3) Insulárny kortex, ktorý spracováva emócie a telesné stavy. 4) Štruktúry v prefrontálnom kortexe spojené s odmeňovaním, plánovaním a monitorovaním (pravdepodobne oblasti dorsolaterálneho prefrontálneho kortexu) a kortikálne štruktúry spojené so spracúvaním emócií (pravdepodobne oblasti vo ventromediálnom prefrontálnom kortexe).

Boli identifikované niektoré z neurálnych okruhov, spojené so sexuálnou túžbou [73, 74, 75]. Predpokladá sa, že neurálny systém atrahovanosti počas dvorenia je síce odlišný, ale úzko prepojený na niektoré zo základných okruhov spojených so sexuálnym pudom, a že tieto dva neurálne systémy, atrahovanosť a sexuálna túžba fungujú spoločne u väčšiny druhov vtákov a cicavcov. Okruh atrahovanosti počas dvorenia musí tiež spolupracovať s neurálnymi systémami spojenými s rozlišovaním farieb, tvarov, hlasových tónov, pachov, postojov, gestikulácie a ďalšími systémami v mozgu, ktoré sú spojené so senzorickou percepciou, pamäťou, odmeňovaním, plánovaním a motorickou aktivitou.

A na záver, predpokladá sa, že okruh atrahovanosti sa mení v trvaní a intenzite podľa reprodukčnej stratégie každého druhu. Tento neurálny motivačný systém hrá podobnú úlohu v reprodukcii rozličných druhov: Umožňuje samcovi aj samičke rozlišovať medzi potenciálnymi partnermi na párenie, preferovať konkrétnych špecifických jedincov a zamerať ich pozornosť počas dvorenia na sledovanie týchto favorizovaných jedincov, čím sa ušetrí čas na párenie a energia pri výbere partnera. U ľudí sa tento motivačno-emočný systém, vytvorený v mozgovom systéme nazýva romantická láska.

*Prebrané z časopisu Neuroendocrinology Letters 2002; 23 (Suppl. 4): 92–97 s. NEL231002R09 Copyright Neuroendocrinology Letters www.nel.edu. Publikované so súhlasom šéfredaktora Neuroendocrinology Letters prof. MUDr. Petra G. Fedora-Freybergha, PhD.
Slovenský preklad: MUDr. Lucia Slabá

Literatúra

1. **Darwin C.** The descent of man and selection in relation to sex. New York: The Modern Library/Random House (1871/n.d.).
2. **Andersson M.** Sexual Selection. Princeton, NJ: Princeton University Press, 1994.
3. **Miller G.** The mating Mind: How sexual choice shaped the evolution of human nature. New York: Doubleday, 2000.
4. **Aron A, Aron EN.** Love and sexuality. In K McKinney and S Sprecher, eds. Sexuality in close relationships. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum, 1991, s. 25–48.
5. **Hatfield E, Rapson RL**. Love and sex: cross-cultural perspectives. Needham Heights, MA: Allyn and Bacon, 1996.
6. **Hatfield E, Sprecher S.** Measuring passionate love in intimate relations. Journal of Adolescelnce, 1986; 9:383–410.
7. **Hatfield E.** Passionate and companionate Love: In RJ Sternberg and ML Barnes, eds. The Psychology of Love. New Haven: Yale University Press, 1988, s. 191–217.
8. **Shaver P, Hazan C, Bradshaw D.** Love as Attachment: The integration of three behavioral systems. In Sternberg RJ and Barnes ML, eds. The Psychology of Love New Haven: Yale University Press, 1988, s. 68–99.
9. **Beach, FA**. Sexual Attractivity, Proceptivity, and Receptivity in Female Mammals. Hormones and Behavior, 1976, 7:105–138, s. 131.

10. **Pfaff D, Frohlich J, Morgan M.** Hormonal and genetic infl uences on arousal – sexual and otherwise. Trends in Neuroscience, 2002, 25 (1), s. 45–50.
11. **Darwin, C.** The descent of man and selection in relation to sex. New York: The Modern Library/Random House, 1871/n.d. p. 743.
12. **Hutchison JB, Hutchison RE.** Hormonal mechanisms of mate choice in birds. In P Bateson, ed. Mate Choice. Cambridge: Cambridge University Press, 1983, s. 389–405, s. 390.
13. **Ibid,** s. 389.
14. **Miller, G.** The Mating Mind: How Sexual Choice Shaped the Evolution of Human Nature. New York: Doubleday, 2000, s. 93.
15. **Ibid,** s. 149.
16. **Ibid,** p. 72.
17. **Beach, FA.** Sexual Attractivity, Proceptivity, and Receptivity in Female Mammals. Hormones and Behavior, 1976, 7:105–138, s. 131.
18. **Ward IL, Crowley WR, Zemlen FP, Margules DL.** Monoaminergic Mediation of Female Sexual Behavior. Journal of Comparative Physiology and Psychology, 1975, 88:53–61.
19. **Pfaff D, Frohlich J, Morgan M.** Hormonal and genetic infl uences on arousal – sexual and otherwise. Trends in Neuroscience, 2002, 25(1):45–50.
20. **Pfaff DW. Drive:** Neurobiological and Molecular Mechanisms of Sexual Motivation. Cambridge, MA: The MIT Press; 1999.
21. **Etgen AM, Chu HP, Fiber JM, Karkanias GB, Morales JM.** Hormonal integration of neurochemical and sensory signals governing female reproductive behavior. Behav Brain Res, 1999, 105(1):93–103.
22. **Etgen AM, JC Morales.** Somatosensory stimuli evoke norepinephrine release in the anterior ventromedial hypothalamus of sexually receptive female rates. J Neuroendocrinology, 2002; 14(3):213–8.
23. **Hull EM, Du J, Lorrain DS, Matuszewich L.** Extracellular dopamine in the medial preoptic area: implications for sexual motivation and hormonal control of copulation. Journal of Neuroscience, 1995; 15(11): 7465–7471.
24. **Hull EM, Lorrain DS, Du J, Matuszewich L, Lumley LA, Putnam SK, Moses J.** Hormone-neurotransmitter interactions in the control of sexual behavior. Behavioural Brain Research, 1999; 105(1):105–16.
25. **Wersinger SR, Rissman EF.** Dopamine activates masculine sexual behavior independent of the estrogen receptor alpha. Journal of Neuroscience, 2000; 20, 110:4248–54.
26. **Argiolas A, Melis MR.** Neuromodulation of penile erection: an overview of the role of neurotransmitters and neuropeptides. Progress in Neurobiology, 1995; 47(4–5):235–255.
27. **Fisher H, Aron A, Mashek D, Li H, Strong G, Brown LL.** The Neural Mechanisms of Mate Choice. Paper delivered at the annual meet-The Neural Mechanisms of Mate Choice: A Hypothesising of the Human Behavior and Evolution Society, 2000.
28. **Jankowiak WR, Fischer EF.** A cross-cultural perspective on romantic love. Ethnology, 1992; 31(2):149.
29. **Tennov D.** Love and limerence: the experience of being in Love. New York: Stein and Day, 1979.
30. **Hatfi eld E, Sprecher S.** Measuring passionate love in intimate relations. Journal of Adolescence, 1986; 9:383–410.
31. **Harris H.** Rethinking Polynesian heterosexual Relationships: A case study of Mangaia, Cook Islands. In Jankowiak W, ed. Romantic Passion: A universal Experience? New York: Columbia University Press, 1995, s. 95–127.
32. **Fisher HE.** Lust, attraction and attachment in mammalian reproduction. Human Nature, 1998; 9(1) 23–52.
33. **Ibid**.
34. **Kiyatkin EA.** Functional signifi cance of mesolimbic dopamine. Neuroscience & Biobehavioral Reviews, 1995; 19(4):573–98.
35. **Salamone JD.** The behavioral neurochemistry of motivation: methodological and conceptual issues in studies of the dynamic activity of nucleus accumbens dopamine. Journal of Neuroscience Methods, 1996; 64(2):137–49.
36. **Scatton B, D'Angio M, Driscoll P, Serrano A.** An in Vivo voltammetric study of the response of mesocortical and mesoaccumbens dopaminergic neurons to environmental stimuli in strains of rats with differing levels of emotionality. In PW Kalivas & CB Nemeroff, eds. The Mesocorticolimbic Dopamine System. New York: The New York Academy of Sciences, 1988, s. 124–137.
37. **Tassin JP, Herve D, Blanc G, Glowinski J.** Differential effects of a two-minute open field session on dopamine utilization in the frontal cortices of BALB/C and C57 BL/6 mice. Neuroscience Letters, 1980, 17:67–71.
38. **Griffi n MG, Taylor GT.** Norepinephrine modulation of social memory: evidence for a time-dependent functional recovery of behavior. Behavioral Neuroscience, 1995, 109(3):466–473.
39. **Kiyatkin EA.** Functional signifi cance of mesolimbic dopamine. Neuroscience & Biobehavioral Reviews, 1995; 19(4):573–98.
40. **Salamone JD.** The behavioral neurochemistry of motivation: methodological and conceptual issues in studies of the dynamic activity of nucleus accumbens dopamine. Journal of Neuroscience Methods, 1996, 64(2):137–49.
41. **Scatton B, D'Angio M, Driscoll P, A Serrano.** An in Vivo voltammetric study of the response of mesocortical and mesoaccumbens dopaminergic neurons to environmental stimuli in strains of rats with differing levels of emotionality. In P.W. Kalivas & C.B. Nemeroff, eds. The Mesocorticolimbic Dopamine System. New

York: The New York Academy of Sciences, 1988, s. 124–137.

42. **Wise RA.** Brain dopamine and reward. Annual Review of Psychology, 1989, 40:191–225.
43. **Wise RA.** Neurobiology of addiction. Current Opinion in Neurobiology, 1996, 6:243–251.
44. **Seiden LS, Commins DL, Vosmer G, Axt K, Marek G.** Neurotoxicity in Dopamine and 5 – Hydroxytryptamine Terminal Fields: A regional Analysis of Nigrostriatal and Mesolimbic Projections. In Kalivas PW and Nemeroff CB, eds. The Mesocorticolimbic Dopamine System. Annals of the New York Academy of Sciences, 537, 1988, s. 161–172.
45. **Post RM, Weiss SRB, Pert A.** Cocaine-induced behavioral sensitization and kindling: implications for the emergence of psychopathology and seizures. In Kalivas PW and Nemeroff CB, eds. The Mesocorticolimbic Dopamine System. New York: The New York Academy of Sciences, 1988, (537), s. 292–308.
46. **Kruk AL, CJ Pycock.** Neurotransmitters and drugs. New York: Chapman and Hall; 1991.
47. **Colle LM, Wise RA.** Facilitory and inhibitory effects of nucleus accumbens amphetamine on feeding. In Kalivas PW and Nemeroff CB, eds. The Mesocorticolimbic Dopamine System. New York: The New York Academy of Science, 1988, (537), s. 491–492.
48. **Wise RA.** Psychomotor stimulant properties of addictive drugs. In Kalivas PW and Nemeroff CB, eds. The Mesocorticolimbic Dopamine System. New York: The New York Academy of Science, 1988, (537), s. 228–234.
49. **Wise RA.** Brain dopamine and reward. Annual Review of Psychology, 1989, 40:191–225.
50. **Schultz W.** Multiple Reward Signals in the Brain. Nature Reviews. Neuroscience, 2000, 1:199–207.
51. **Flament MF, Rapoport JL, Bert CL.** Clomipramine treatment of childhood obsessive-compulsive disorder: a double–blind controlled study. Archives of General Psychiatry, 1985, 42:977–986.
52. **Hollander E, Fay M, Cohen B, R Campeas, Gorman JM, Liebowitz MR.** Serotonergic and noradrenergic sensitivity in obsessive-compulsive disorder: Behavioral Findings. American Journal of Psychiatry, 1988, 145:1015–1017.
53. **Thoren P, Asberg M, Bertilsson L.** Clomipramine treatment of obsessive disorder: biochemical and clinical aspects. Archives of General Psychiatry, 1980, 37:1289–1294.
54. **Mashek D, Aron A, Fisher HE.** Identifying, evoking and measuring intense feelings of romantic love. Representative Research in Social Psychology, 2000, 24:48–55.
55. **Wise RA.** Psychomotor stimulant properties of addictive drugs. In Kalivas PW and Nemeroff CB, eds. The Mesocorticolimbic Dopamine System. New York: The New York Academy of Science, 1988, (537), s. 228–234.
56. **Wise RA.** Brain dopamine and reward. Annual Review of Psychology, 1989, 40:191–225.
57. **Martin-Soelch C, Leenders KL, Chevalley AF, Missimer J, Kunig G, Magyar S, Mino A, Schultz W.** Reward mechanisms in the brain and their role in dependence: evidence from neurophysiological and neuroimaging studies. Brain Research Reviews, 2001, 36:139–149.
58. **Bartels A, Zeki S.** The neural basis of romantic love. NeuroReport, 2000, 11(17):3829–3834. s. 3829.
59. **Ibid,** s. 3829.
60. **Herbert J.** Sexuality, Stress and the Chemical Architecture of the Brain. Annual Review of Sex Research, 1996, 7:1–44.
61. **Gingrich B, Liu Y, Cascio C, Wang Z, Insel TR.** D2 receptors in the nucleus accumbens are important for social attachment in female prairie voles (Microtus ochrogaster). Behavioral Neuroscience, 2000, 114(1):173–183.
62. **Ibid.**
63. **Dluzen DE, Ramirez VD, Carter CS, Getz LL.** Male Vole Urine Changes Luteinizing Hormone-Releasing Hormone and Norepinephrine in Female Olfactory Bulb. Science, 1981, 212:573–575.
64. **Etgen AM, Chu HP, Fiber JM, Karkanias GB, Morales JM.** Hormonal integration of neurochemical and sensory signals governing female reproductive behavior. Behav Brain Res., 1999, 105(1):93–103.
65. **Etgen AM, Morales JC.** Somatosensory stimuli evoke norepinephrine release in the anterior ventromedial hypothalamus of sexually receptive female rates. J. Neuroendocrinology, 2002, 14(3):213–8.
66. **Fisher HE.** Lust, attraction and attachment in mammalian reproduction. Human Nature, 1998; 9(1):23–52.
67. **Carter CS.** Oxytocin and sexual behavior. Neuroscience and Biobehavioral Reviews, 1992, 16:131–144.
68. **Carter CS, DeVries AC, Getz LL.** Physiological substrates of mammalian monogamy: the prairie vole model. Neuroscience and Biobehavioral Reviews, 1995, 19, 2:303–314.
69. **Insel TR.** Oxytocin – A Neuropeptide for Affi liation: Evidence from Behavioral, Receptor Autoradiographic and Comparative Studies. Psychoneuroendocrinology, 1992; 17(1):3.
70. **Winslow JT, Hastings N, Carter CS, Harbaugh CR, Young TR, Li J, Nilsen R, Waymire KG, MacGregor GR, Insel TR.** Increased affi liative response to vasopressin in mice expressing the V1a receptor from a monogamous vole. Nature, 1999; 100:766–768.
71. **Fisher HE.** Lust, attraction and attachment in mammalian reproduction. Human Nature, 1998, 9:1:23–52.
72. **Ibid.**
73. **Arnow BA, Desmond JE, Banner LL, Glover GH, Solomon A, Polan ML, Lue TF, Atlas SW.** Brain ac-

tivation and sexual arousal in healthy, heterosexual males. Brain, 2002; 125 (Pt 5):1014–23.

74. **Karama S, Lecours AR, Leroux JM, Bourgouin P, Beaudoin G, Joubert S, Beauregard M.** Areas of brain activation in males and females during viewing of erotic fi lm excerpts. Hum Brain Mapp., 2002, 16(1):1–13.

75. **Beauregard M, Levesque J, Bourgouin P.** Neural correlates of conscious self-regulation of emotion. J Neurosci., 2001, 21(18): RC165.

Do redakcie došlo 20.5.2017.