

**UNIVERZITA KARLOVA**  
**FILOZOFICKÁ FAKULTA**  
**Katedra psychologie**  
**obor Obecná psychologie**



**Autoreferát dizertační práce**

Mgr. Jakub Polák, Ph.D.

**Neuropsychologie fobické reakce na hady**  
**Neuropsychology of phobic reaction to snakes**

Vedoucí práce: doc. PhDr. Petr Kulišťák, Ph.D.

2021

## Úvod

Předci člověka se po několik desítek milionů let vyvíjeli v přítomnosti velkého množství druhů zvířat, z nichž některá jim sloužila jako zdroj potravy či ošacení, mnoho dalších však pro ně představovalo hrozbu. Mnoho zvířat tak od pradávna vyvolávalo v lidech strach. Tato základní emoce přečkala veškeré změny spojené s vývojem lidského druhu a v takřka nezměněné formě se vyskytuje i u moderních lidí napříč společnostmi i stupni kulturního vývoje.

Přestože existuje řada teorií snažících se vysvětlit původ emočního okruhu strachu, jedním z nejvíce přijímaných je v současnosti názor evoluční psychologie. Tato v posledních třech desetiletích dynamicky se rozvíjející psychologická disciplína staví na předpokladu, že rychlá emoční reakce a adekvátní behaviorální odpověď na život ohrožující stimuly byla natolik klíčová pro přežití dávných předků člověka, že ji přírodní výběr geneticky napevno zabudoval do mozku primátů (Öhman & Mineka, 2001). Podle evoluční hypotézy je tedy strach zcela přirozenou, adaptivní a vrozenou reakcí na nebezpečné stimuly. Modul strachu, kterým se označuje vzájemně provázaný systém neurální, fyziologické, psychologické a behaviorální odpovědi na život ohrožující podněty, se vyvinul již před desítkami miliónů let během evoluce savců či ještě dříve a my jsme ho pak zdědili po našich společných předcích.

V rámci celé živočišné říše existuje jedna specifická skupina, která pro ostatní tvory nese zvlášť silný emoční náboj a spouští tak zmíněný modul strachu. Tou skupinou jsou hadi, kteří zároveň dokazují univerzální charakter základních emocí u člověka i zvířat na různém stupni fylogenetického vývoje, protože jsou zdrojem strachu nejen pro naprostou většinu lidí, ale vyvolávají podobnou reakci i u ostatních obratlovců, od plazů po savce. Projevy strachu při setkání s hadem byly pozorovány u 11 rodů primátů, např. u šimpanzů, makaků, nártounů nebo kosmanů (pro přehled viz King, 1997). Cook a Mineka (1989) v dnes již slavném experimentu zase prokázali, že laboratorní makaci bez jakékoliv předchozí zkušenosti s hady se naučí hadů bát pouhým pozorováním filmového záznamu divokých opic reagujících strachem na hračku hada. Tyto výsledky tedy ukazují, že u primátů existuje minimálně vrozená tendence přednostně asociovat hady s nebezpečím a rychle se strachu z nich naučit.

Na otázku vrozenosti strachu z hadů u lidí se snažil odpovědět výzkum psycholožek DeLoache a LoBue (2009), které studovaly reakce batolat ve věku 9-10 měsíců, u kterých nepředpokládaly žádnou dřívější zkušenost s hady. Během experimentu se dětem na plátně promítala náhodná dvojice videí, z nichž jedno vždy zobrazovalo plazícího se hada a na druhém

bylo jiné zvíře pohybující se zhruba stejnou rychlostí. K tomu jim byly náhodně pouštěny nahrávky ženského nebo mužského hlasu, které v neexistujícím jazyce říkaly větu buďto vyděšeným, nebo naopak šťastným výrazem. Z výsledků vyplývá, že děti sledovaly hada signifikantně delší dobu v případě, že poslouchaly vyděšený hlas v porovnání se šťastným hlasem, zatímco u jiného zvířete se efekt typu pouštěného hlasu neprojevil.

Pravděpodobně nejodvážnější teorii evoluce strachu z hadů u primátů a člověka pak představila antropoložka Lynne Isbell (2006). Podle ní vděčíme právě jedovatým hadům za své vysoce rozvinuté percepční schopnosti. Domnívá se totiž, že hadi byli v evoluci primátů tak silným selekčním tlakem, že jejich společný výskyt přispíval u předků dnešních primátů k postupnému zdokonalování zrakového smyslu, zvětšování mozku a specializaci některých funkčních neurálních okruhů, které se geneticky zafixovaly.

Autorka argumentuje, že v době vzniku primátů před zhruba 85 miliony let nežil na Zemi ještě po dlouho dobu kromě velkých hadů škrtičů (jejich primitivní zástupci se objevili už před zhruba 100 miliony let) jiný typ predátora, který by byl schopný primáty lovit. Selekční tlak se pak ještě více zintenzivnil se vznikem jedovatých hadů v období paleocénu (před 60 miliony let). Protože hlavní loveckou strategií jedovatých hadů bylo číhání v úkrytu a překvapení kořisti náhlým útokem, u řady druhů se vyvinulo dokonalé kryptické zbarvení, pomocí kterého had opticky splyne s prostředím. Smrtelné nebezpečí, které navíc bylo velmi obtížně rozpoznatelné, tak vytvořilo silný selekční tlak na rychlý vývoj zrakového systému primátů a jeho integraci s neurálním okruhem strachu. Pro přežití primátů a člověka totiž bylo nezbytné, aby v nepřehledném terénu objevili ukrytého jedovatého hada co nejdříve (Isbell, 2006).

Dnes již existuje řada empirických důkazů o tom, že lidský mozek je schopen velmi rychle, a to dokonce i bez účasti vědomí, rychle detekovat přítomnost hada a spustit komplexní kaskádu emoční reakce strachu, která následně vede i k adekvátní behaviorální odpovědi. Bylo prokázáno, že člověk dokáže v obrazové matici 3x3 najít mnohem rychleji jediný obrázek hada mezi osmi obrázky neutrálních podnětů (květin), než když je cílovým obrázkem květina mezi osmi obrázky hadů (Öhman, Flykt, & Esteves; 2001). Na základě těchto výsledků proto Öhman, Dimberg a Esteves (2014) předpokládali existenci předpozornostního systému percepčního zpracování, který je mnohem rychlejší než systém vědomé pozornosti a je vyladěn na detekci podnětů představujících možné ohrožení. Tento systém zároveň na nevědomé úrovni automaticky vyhodnocuje informace z prostředí a spouští příslušnou reakci, pokud emočně relevantní podnět interpretuje jako možnou hrozbu. To vše proběhne ještě dříve, než signál

doputuje do vědomí, kde je dále zpracováván. Experimentálně ověřili tuto hypotézu Öhman a Soares (1994), když prezentovali skupině subjektů s fobií z hadů nebo pavouků maskované i nemaskované obrázky hadů, pavouků a kontrolních podnětů. Zároveň s tím měřili kožní galvanickou reakci, která doprovází prožívání strachu. Prokázalo se, že lidé s fobií z hadů nebo pavouků reagovali oproti zdravým kontrolám zvýšenou kožní vodivostí, pokud viděli obrázek svého fobického zvířete, a to i v případě, kdy byl daný podnět prezentován maskovaně, tedy bez možnosti vědomého zpracování.

Neurální mechanismus mimovědomé aktivace strachu navrhl jako první LeDoux (1996), který na základě výzkumu neurobiologie strachu u krys popsal dvě dráhy zpracování vizuálních signálů. První je kortikální vědomá dráha, která je u savců evolučně modernější a zároveň primární cestou zpracování informací ze zrakového orgánu. Signál z neuronů sítnice vede nejprve do thalamu a odtud pokračuje do primární zrakové kůry, kde dochází k jeho vědomému zpracování. V případě, že je podnět vyhodnocen jako ohrožující pro organismus, primární zraková kůra odešle signál do amygdaly, která spustí reakci strachu. Vedle toho je ale v mozku ještě evolučně starší subkortikální dráha, kterou informace ze sítnice putuje přes strop středního mozku (horní párové hrbolky) a pulvinární jádro thalamu přímo do amygdaly, čímž obchází vizuální kůru (Tamietto & de Gelder, 2010). Sekundární dráha pro zrakové signály tedy umožní rychlou aktivaci reakce na nebezpečné podněty ještě před tím, než dojde ke zpracování ve vizuální kůře.

Klíčovou strukturou v mozku pro zpracování strachu je tedy amygdala, což potvrdila již řada neurovizuálních studií. Např. Carlsson a kol. (2004) zjistili u lidí se zvýšeným strachem z hadů aktivaci levé amygdaly při prezentaci maskovaných obrázků těchto zvířat. Při delší nemaskované prezentaci umožňující vědomé zpracování už byla amygdala aktivována oboustranně. Nedávný výzkum využívající funkční magnetickou rezonanci (fMRI) prokázal zvýšenou oboustranou aktivaci amygdaly při sledování videí hadů (ve srovnání se záběry ryb), a to u lidí s normálním i zvýšeným strachem z hadů. Navíc míra aktivace amygdaly byla u fobiků mnohem vyšší než u lidí s normálním strachem (Schaefer, Larson, Davidson, & Coan, 2014).

Přestože se několik studií věnovalo zobrazení neurální odpovědi na obrázek hada, ve všech případech byl automaticky považován za jednoznačný, uniformní podnět vzbuzující strach, čímž byla zcela ignorována jeho skutečná mnohotvárnost. V současnosti je totiž známo celkem 3 709 druhů hadů, mezi kterými existuje relativně vysoká morfologická i barevná variabilita.

Je proto otázkou, zda lidé vnímají všechny druhy hadů stejně, nebo mezi nimi dokáží rozlišovat, vnímat percepční i emoční rozdíly a specificky reagovat jen na ty skutečně nebezpečné.

Navíc některá zvířata mohou vzbuzovat více emocí, jejichž zpracování probíhá na úrovni různých funkčních okruhů. Například mnoho prací využívajících fMRI ke studiu změn v mozku u arachnofobiků popisují během zobrazování fobických stimulů (pavouků) aktivaci jak amygdaly, tak insuly, což je charakteristické pro stimuly vzbuzující odpor (Schweckendiek et al., 2011). Naproti tomu práce zabývající se strachem z hadů nikdy aktivaci insuly nepotvrdily. Je ale možné, že hadi vzbuzují odlišné emoce a mohou tak aktivovat různé mozkové oblasti.

## **Struktura a cíle projektu**

Celý projekt je rozdělen na čtyři hlavní části. První, psychometrická část projektu je zaměřena na standardní převod škál pro měření strachu z hadů (Snake Questionnaire, SNAQ) a sklonům k prožívání odporu (Disgust Scale - Revised, DS-R) do českého jazyka. Analyzují zde jejich psychometrické vlastnosti a popisují rozšíření strachu z hadů v české populaci. Druhá část se zabývá subjektivním hodnocením obrázků různých druhů hadů na škále strachu a odporu. Testují zde hypotézu, že i lidé bez jakékoliv znalosti hadů od sebe dokáží na první pohled spolehlivě odlišit druhy vzbuzující strach a odpor, a to na základě rozdílných morfologických znaků. Hlavním cílem je pak především vyhledání emočně salientních podnětů specificky aktivujících příslušné emoční okruhy, které bych použil v následujících dvou experimentech. Třetí část se věnuje měření autonomní fyziologické odpovědi na dvě skupiny hadů, a to nebezpečné zmijovité hady vyvolávající strach vs. neškodné a spíše odpudivé podzemní hady. Snažím se zde dokázat, že rozdíl v subjektivně popisované emoci vyvolané oběma skupinami hadů se projeví i na fyziologické úrovni. Předpokládám přitom vyšší fyziologickou odpověď (kožní galvanickou reakci a srdeční tep) na nebezpečné, jedovaté hady působící strach. Konečně čtvrtá část projektu popisuje aktivaci vybraných mozkových oblastí u výzkumných osob stimulovaných fotografiemi hadů vyvolávajícími strach nebo odpor, a to pomocí měření fMRI. Předpokládám, že hadi působící strach budou aktivovat převážně amygdalu, zatímco druhy působící odpor budou spojeny s aktivací v oblasti insuly.

## **1) Psychometrická studie strachu z hadů: standardizace dotazníku SNAQ**

Iracionální strach ze zvířat je nejčastější specifickou fobií s celoživotní prevalencí 3,3–5,7% (LeBeau et al., 2010). V rámci všech zoofobií jsou hadi jedním z vůbec nejobávanějších zvířat (Davey, 1994). Uvádí se, že ofidiofobií, tedy nepřiměřeným, panickým strachem z hadů, trpí 2–3% populace (Klorman, Weerts, Hastings, Melamed, & Lang, 1974; Klieger, 1987). I přes relativně vysokou prevalenci jsou psychodiagnostické nástroje pro měření strachu z hadů zastoupeny pouze jedním standardizovaným dotazníkem SNAQ (Klorman et al., 1974). Ačkoliv byl původně anglický SNAQ již přeložen do řady jazyků, jeho česká verze dosud chyběla. Proto hlavním cílem této studie bylo udělat standardní převod do češtiny, popsat jeho psychometrické kvality a následně i vytvořit normy pro českou populaci.

### **Metody**

#### ***Výzkumný vzorek***

Studie se zúčastnilo celkem 755 osob (245 mužů a 510 žen) ve věku 12–68 let. Byli do ní zařazeni např. studenti středních škol (n = 165), vysokoškolští studenti psychologie (n = 34), veterinárního lékařství (n = 53) a biologie (n = 139) nebo zaměstnanci Národního ústavu duševního zdraví (n = 36). Zbývající účastníci byli získáni přes internet.

#### ***Snake Questionnaire***

Dotazník SNAQ obsahuje 30 tvrzení vztahujících se k verbálně-kognitivní komponentě strachu z hadů. Respondent u každého tvrzení posuzuje, zda je pravdivé či nepravdivé. Položky, se kterými souhlasí, jsou skórovány 1, nesouhlasné položky obdrží skór 0, přičemž sedm položek má převrácené skórování. Výsledný skór, který vyjadřuje míru strachu z hadů u daného člověka, je součtem všech položek, a může být tedy v rozpětí 0 až 30.

#### ***Postup***

Pro účely standardizace byla přejata metoda zpětného překladu, která je doporučeným postupem Mezinárodní komise pro testy (ITC, 2017) při vývoji jazykové lokalizace psychologických testových nástrojů. Originální anglická verze dotazníku byla nejprve dvěma rodilými mluvčími plyně hovořící oběma jazyky přeložena do češtiny. Oba vyhotovené překlady byly poté porovnány psychologem se zkušeností s vývojem dotazníkových metod, který vyřešil případné rozdíly v jednotlivých položkách. Tato česká verze byla následně zpětně

převedená do angličtiny třetím překladatelem a jiní tři rodilí mluvčí poté porovnali originál se zpětným překladem. Zaměřili se přitom na významové posuny v jednotlivých položkách.

V následující fázi byl český i anglický dotazník administrován stejnému vzorku respondentů. Při administraci byl použit vyvážený experimentální design, tedy celkový zkoumaný vzorek osob byl náhodně rozdělen na dvě poloviny. Jedna skupina respondentů vyplnila nejdříve český a poté anglický SNAQ, ve druhé skupině tomu bylo přesně opačně. Mezi první a druhou administrací byla v obou skupinách 2-3 měsíční pauza, aby respondent zapomněl své odpovědi z první administrace a nedocházelo tak k reprodukci odpovědí čistě na základě zapamatování. Zvolená doba je delší, než obecně doporučovaná perioda jeden měsíc (McCrae et al., 2011).

### **Statistická analýza**

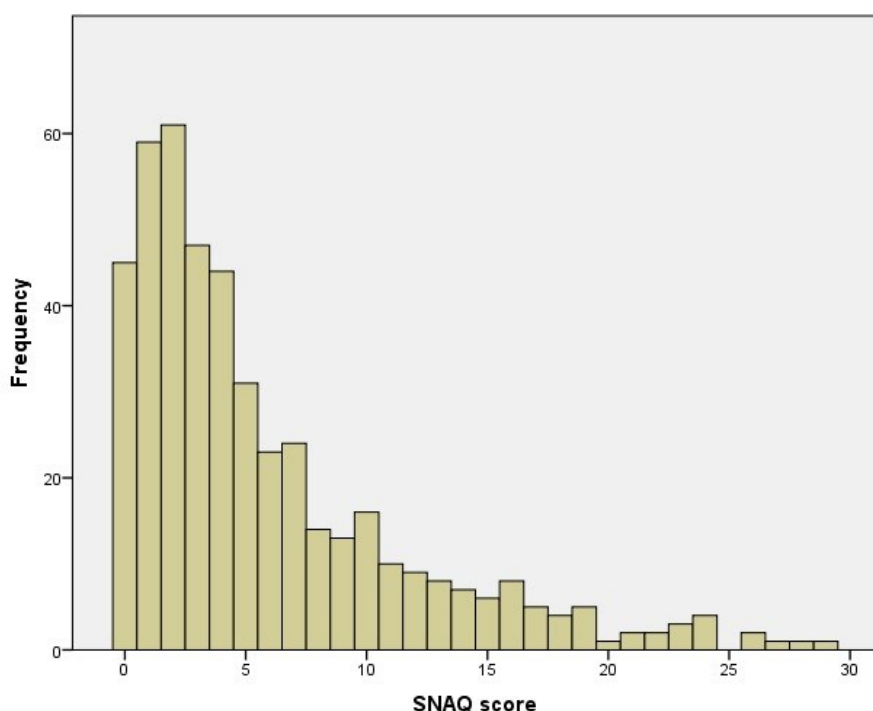
Vzhledem k nenormálnímu rozložení dat jsem nejprve analyzoval vliv pořadí testu a jazyka pomocí Wilcoxonova testu. Následně jsem spočítal pro každého člověka rozdíl skóru v prvním a druhém testu a analyzoval pomocí Mann-Whitneyova U testu, zda je tento rozdíl ovlivněn jazykem první administrace. Odpovědi na jednotlivé položky byly porovnány pomocí McNemarova testu. Korelace skóru v obou jazykových verzích byla vypočítána podle vzorec pro test-retestovou reliabilitu ( $r = \text{cov}_{1,2} / s_1 \times s_2$ ;  $\text{cov}_{1,2}$  - společná kovariance obou testů,  $s_{1,2}$  - standardní odchylky testu a retestu). Po porovnání obou jazykových verzí jsem dále analyzoval pouze české dotazníky. Reliabilitu jsem spočítal jako koeficient vnitřní konzistence položek (Cronbachovo  $\alpha$ ). Vzhledem k diskrétnímu rozložení celkových skóru jsem na data použil McCallovu plošnou transformaci (McCall, 1922). Pomocí transformovaných z-skóru jsem poté vypočítal normy. Nakonec jsem použil zobecněné lineární modely (GzLM) pro negativně binomickou distribuci na analýzu vlivu věku, pohlaví, vzdělání a typu administrace.

### **Výsledky**

Z celkového počtu 755 respondentů jich 300 vyplnilo českou i anglickou verzi. Wilcoxonův test odhalil statisticky signifikantní vliv pořadí testu i jazykové verze na celkový skór ( $p < 0,001$ ), odpovědi se významně lišily u 13 položek z 30. Data proto byla rozdělena na dvě skupiny, a to podle jazykové verze prvního testu, které byly následně analyzovány samostatně. Statisticky významný rozdíl mezi celkovým skóre v prvním a druhém testu se lišil pouze u skupiny, která nejprve vyplnila anglickou verzi a poté českou (EN:  $6.40 \pm 0.48$ , CZ:  $5.53 \pm 0.47$ ,  $z = 4.49$ ,  $p < 0.001$ ), ale nikoliv u skupiny, která vyplňovala škály v opačném pořadí (CZ:  $4.94 \pm 0.46$ , EN:  $5.02 \pm 0.48$ ,  $z = 0.35$ ,  $p = 0.723$ ). Český test měl vysokou vnitřní konzistenci ( $\alpha = 0,91$ ).

Na souboru dat z českých dotazníků ( $n = 456$ ) vyšel průměrný SNAQ skór  $5.80 \pm 0.27$  (Obr. 1). Hraniční skór pro možný výskyt ofidiofobie byl na základě dřívějších výzkumů stanoven na hodnotu 23, které dosáhlo či ji překonalo 2,6% respondentů. Redukovaný GLzM model odhalil signifikantní vliv pohlaví ( $\chi^2 = 11.82$ ,  $df = 1$ ,  $p = 0.001$ ) a typu vzdělání (biologické vs. nebiologické:  $\chi^2 = 12.48$ ,  $df = 1$ ,  $p < 0.001$ ). Ženy skórovaly v průměru výše než muži ( $6.49 \pm 0.36$  vs.  $4.51 \pm 0.39$ ) a nebiologové výše než biologové ( $6.36 \pm 0.32$  vs.  $3.96 \pm 0.49$ , viz Tab. 1).

**Obrázek 1.** Histogram celkových skórů v dotazníku SNAQ.



**Tabulka 1.** Průměrný skór SNAQ podle pohlaví, věku a typu vzdělání.

		N	Skór	95% konf. int.
<b>Celkem</b>		456	5.80	5.26 - 6.34
<b>Pohlaví</b>	muži	158	4.51	3.74 - 5.28
	ženy	298	6.49	5.78 - 7.19
<b>Věk</b>	15-20	112	4.70	3.68 - 5.71
	21-30	185	5.99	5.14 - 6.85
	31-40	87	6.77	5.43 - 8.11
	41-50	27	6.56	4.73 - 8.39
	51-60	20	6.25	2.66 - 9.84
	nad 60 let	18	5.83	3.67 - 8.00
	<b>Biologické vzdělání</b>	ne	350	6.36
	ano	106	3.96	2.98 - 4.94



## Diskuze

Data ukazují, že mezi skóry z obou jazykových verzí existuje vysoká korelace ( $r = 0,94$ ), a to navzdory relativně dlouhé přestávce mezi oběma testy. I při použití dvou různých jazyků je tato korelace významně větší ( $p = 0,027$ ), než jakou uvádí ve své původní práci Klorman a kol. (1974) po uplynutí jednoho měsíce ( $r = 0,78$ ) nebo Fredrikson (1983) u švédské populace s odstupem jednoho roku ( $r = 0,84$ ).

Průměrný skór dosažený v této studii odpovídá originálním výsledkům tvůrců testu (Klorman et al., 1974). Ti na vzorku 1307 respondentů v USA zjistili průměrný skór 4,92 pro muže a 7,79 pro ženy. Mírně vyšší skóre bylo zjištěno u švédského překladu (5,80 u mužů a 9,06 u žen; Fredrikson, 1983). Zdá se tedy, že strach z hadů je univerzální charakteristikou s podobným rozšířením v běžné populaci bez ohledu na kulturu nebo prostředí. Severní Ameriku obývá 127 druhů hadů, z nichž 21 je smrtelně jedovatých (ploskolebci, korálovci a chřestýši). Ve Švédsku ale žijí pouze tři druhy hadů, v České republice pět, z nichž jediná zmije obecná je mírně jedovatá, pro zdravého dospělého člověka však nepředstavuje významnější zdravotní riziko. Závěrem lze říci, že český překlad škály SNAQ je spolehlivým nástrojem pro měření strachu z hadů. Má uspokojivé psychometrické vlastnosti a výsledky jsou obecně v souladu s anglickým originálem i dalšími jazykovými mutacemi. Podobné průměrné skóry napříč různými zeměmi s rozdílným rozšířením jedovatých hadů pak naznačuje, že strach z hadů je univerzální výbavou lidské mysli sdílenou různými kulturami vyvíjejícími se v odlišném prostředí.

## 2) Subjektivní hodnocení hadů podle strachu a odporu

V psychologickém výzkumu jsou hadi tradičně spojováni se strachem, ačkoliv velmi málo se ví o skutečném vlivu jejich konkrétních morfologických znaků na lidské emoce. Většina studií totiž ignoruje obrovskou variabilitu tohoto podřádu plazů. Navíc, jak ukázal např. Davey (1994), existuje vztah mezi hodnocením hadů na základě strachu a citlivostí jedince k pocitům odporu, a je proto možné, že některé hadí morfotypy mohou primárně vyvolat emoci znechucení. Na ni také soustředí velký zájem klinický výzkum, protože se prokázalo, že zvýšený sklon reagovat na různé podněty odporem a zároveň vyšší citlivost k těmto prožitkům může způsobit řadu psychologických poruch, především obsedantně-kompulzivní poruchu nebo některou ze specifických fobií vyvolaných zvířaty (např. pavouky - arachnofobie). Odpor by se proto mohl podílet i na vzniku fobie z hadů (Klieger a Siejak, 1997).

Hlavním cílem této studie tedy bylo prozkoumat morfologickou variabilitu hadů z hlediska lidské emoční odpovědi a analyzovat specifické vlastnosti přispívající k lidskému vnímání strachu a/nebo znechucení. Na základě výsledků pak byly vytvořeny dvě sady vizuálních hadích podnětů, které u lidských respondentů vyvolaly výlučně strach nebo odpor.

## **Metody**

### ***Výzkumný vzorek***

Studie se zúčastnilo celkem 172 osob (118 žen, 54 mužů), průměrný věk byl 25,2 let, SD = 9,4). Většinou se jednalo o studenty přírodních nebo humanitních věd na Univerzitě Karlově, snahou přitom bylo získat vyvážený vzorek s ohledem na studijní obor. Každý respondent vyplnil údaje o svém pohlaví, věku a vztahu k hadům hodnoceném na 7bodové Likertově škále (1 - mám hady velmi rád/a, 4 - neutrální vztah, 7 - vůbec nemám hady rád/a, bojím se jich).

### ***Testované stimuly***

V tomto experimentu byly použity dvě sady obrázků, z nichž každá obsahovala 40 fotografií různých druhů hadů vyvolávající jednu z testovaných emocí, tedy strach nebo odpor. Každá fotografie zobrazovala daný druh v klidné, neútočící pozici a byla standardizována na velikost tak, aby každý had zabíral přibližně stejnou plochu (čímž se respondentům znemožnilo, aby hodnotili vyvolanou emoci pouze na základě velikosti zvířete). Z fotografií bylo odstraněno pozadí a byly umístěny na bílý podklad. Jednotlivé druhy byly vybrány na základě jiného experimentu, ve kterém lidé hodnotili zástupce všech žijících podčeledí hadů podle strachu a odporu. Do této studie pak byli vybráni hadi hodnocení nejvýše na škále strachu (chřestýši a zmije) a odporu (slepákovití); ukázka stimulů viz. Obr. 2.

**Obrázek 2.** Příklady testovaných stimulů - hadi vyvolávající strach (horní řada) a odpor.



## **Postup**

Oba testované sety byly nejdříve smíchány dohromady a poté bylo všech 80 fotografií rozloženo na dobře osvětleném stole v náhodném pořadí. Respondenti byli požádáni, aby si představovali zobrazené hady jako skutečná zvířata. Jejich úkolem bylo postupně seřadit všechny fotografie podle strachu od nejděsivějšího až po toho nejméně děsivého hada. Jakmile skončili, celý set byl opět promíchán a v náhodném pořadí rozložen na stole. Respondenti měli opět všechny obrázky seřadit, tentokrát však podle odporu, jaký v nich jednotlivé druhy vyvolávají, od nejodpornějšího po toho nejméně odporného.

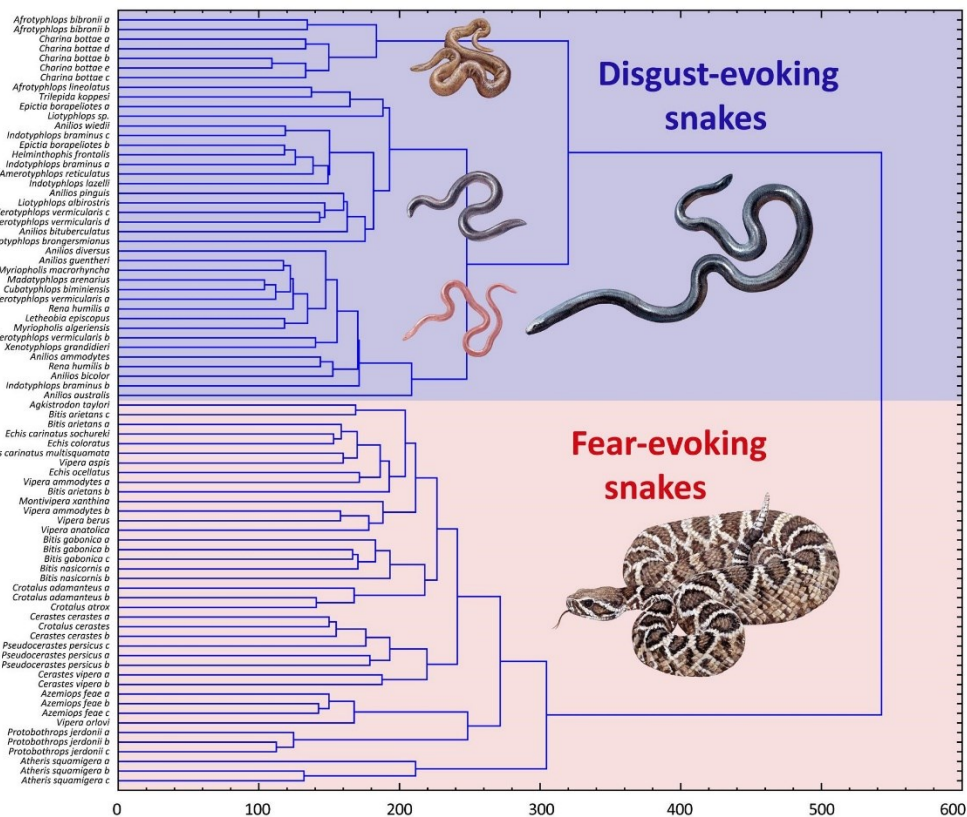
## **Statistická analýza**

Data o pořadí fotografií byla nejprve vhodně transformována, aby se dosáhlo normálního rozdělení. Shoda mezi respondenty v pořadí jednotlivých druhů byla testována pomocí Kendallova koeficientu shody. K vizualizaci vícerozměrné struktury datových sad byla provedena clusterová analýza. Vliv vysvětlujících proměnných na pořadí byl zkoumán pomocí analýzy redundance (RDA) implementované v balíčku R vegan (Oksanen et al., 2017). RDA je mnohorozměrná metoda, která extrahuje variaci v souboru závisle proměnných (hodnocení strachu a odporu z hadů), které lze vysvětlit souborem vysvětlujících proměnných (pohlaví, věk, vztah k hadům). Statistická významnost gradientů byla potvrzena permutačními testy. Výpočty proběhly v R Development Core Team (2010) a Statistica 9.1 (StatSoft Inc., 2010).

## **Výsledky**

Při obou řazeních 80 obrázků hadů vyvolávajících strach nebo odpor dosáhli respondenti vysoké hodnoty Kendallova koeficientu shody ( $W = 0,725$  pro řazení podle strachu a  $W = 0,643$  pro řazení podle odporu). RDA analýza pořadí podle strachu, zahrnující pohlaví, věk, vztah k hadům a pořadí testování jako nezávisle proměnné, vysvětlila 3,16% celkové variability. ANOVA (10 000 permutací) potvrdila statisticky významný vliv pouze u vztahu k hadům ( $F_{1,167} = 2,06$ ;  $p = 0,006$ ). Naproti tomu pohlaví ( $F_{1,167} = 1,14$ ;  $p = 0,278$ ), věk ( $F_{1,167} = 1,34$ ;  $p = 0,144$ ), ani pořadí testu ( $F_{1,167} = 0,91$ ;  $p = 0,550$ ) vliv neměly. RDA pořadí podle odporu vysvětlila 3,89% celkové variability a signifikantní vliv měl opět pouze vztah k hadům ( $F_{1,167} = 2,76$ ;  $p = 0,001$ ), ne však pohlaví ( $F_{1,167} = 1,61$ ;  $p = 0,056$ ), věk ( $F_{1,167} = 1,26$ ;  $p = 0,195$ ), ani pořadí testu ( $F_{1,167} = 1,13$ ;  $p = 0,280$ ). Clusterová analýza potvrdila rozdělení stimulů na dvě distinktní, jasně odlišené skupiny. Když respondenti řadili obrázky podle strachu, hadi vyvolávající strach byly řazení v první polovině, před hady vyvolávajícími odpor a naopak (viz Obr. 3).

**Obrázek 3.** Clusterová analýza řazení setu 80 hadů podle strachu ukazuje jasné oddělení dvou před-definovaných skupin druhů vyvolávajících převážně strach nebo odpor.



## Diskuze

Respondenti se ve velké míře shodli na celkové pozici podnětů: byli schopni seskupit hady z předem definovaných skupin a správně jim přiřadit danou emoci. To je pozoruhodné především proto, že variabilita mezi jednotlivými druhy v této sadě byla poměrně nízká. Každá z obou skupin byla totiž zastoupena morfologicky i barevně podobnými druhy, což mohlo respondentům úkol značně ztížit. V rámci obou sad už však k velké shodě nedošlo. Hady vyvolávající strach, byli řazení zcela náhodně, nebyl tak mezi nimi výrazný rozdíl ve schopnosti navodit emoci strachu. Podobný výsledek byl pozorován, když účastníci hodnotili hady působící znechucení na základě vnímaného odporu. Zajímavé je, že sada odporných hadů hodnocená podle strachu měla největší koeficient shody mezi respondenty ( $W = 0,503$ ).

Možným vysvětlením tohoto výsledku by mohla být hypotéza, že hadi působící odpor nevyvolávají žádný strach, a proto snaha o jejich seřazení podle strachu není relevantní úlohou. Respondenti tedy buď použili jinou (neznámou) stupnici (např. krásu či obecně valenci), nebo hady kategorizovali pouze podle zbytkové morfologické variability (tj. velikosti a barev), která pro ně byla jediným vodítkem. Clusterová analýza pořadí podle strachu u hadů

působících odpor naznačuje, že data tvoří tři hlavní skupiny: hnědé objemné hady, růžové hady a tmavé hady. Respondenti se shodují na pořadí těchto skupin, tedy nejobávanější jsou hnědí velcí hadi typu hroznýška červeného, následují tmaví hadi a nejmenší strach působí růžoví hadi. Je však možné, že respondenti emoci strachu vůbec nepocítují a namísto toho jsou schopni odhadnout míru strachu na základě zmíněných znaků (velikost těla, tmavé zbarvení), které by skutečně vyvolaly strach v jiném kontextu.

Závěrem lze říci, že hadi vykazují obrovskou morfologickou variabilitu s mnoha barevnými vzory, které jsou spojeny se specifickými lidskými reakcemi. Lidé i bez jakékoliv předchozí zkušenosti tedy nereagují na „hada“ jako na jednotný, uniformní podnět, ale mohou rozlišovat jejich konkrétní kategorie na základě různých morfotypů, což se projeví i v afektivní rovině.

### **3) Psychofyzilogická reakce na hady vyvolávající strach a odpor**

Od 70. let 20. století rozsáhlá řada experimentů prokázala, že hadi ve srovnání s jinými podněty selektivně vyvolávají silnější a déle trvající fyziologickou odpověď strachu, zejména zvýšení srdeční frekvence, krevního tlaku a vodivosti kůže. Tato reakce je navíc odolnější vůči vyhasínání (Öhman, Dimberg, & Esteves, 2014). Většina studií ovšem neměřila spontánní reakci na hady, ale použila paradigma diferencovaného podmiňování, ve kterém po některých strach-relevantních (hadi a pavouci) a strach-irelevantních (květiny a houby) stimulech následoval elektrický šok (CS+), zatímco zbytek podnětů nebyl spárován s šokem (CS-). Nejčastější závislou proměnnou byla kožní galvanická reakce (vodivost kůže), případně také srdeční frekvence. Opakovaně bylo potvrzeno, že rozdíl v kožní vodivosti mezi CS+ a CS- byl větší u strach-relevantních než strach-irelevantních stimulů (Fredrikson & Öhman, 1979; Soares & Öhman, 1993; Öhman & Soares, 1993, 1998).

Tato studie se zaměřila na psychofyzilogické reakce lidských subjektů vyvolané 20 druhy hadů patřících do dvou odlišných skupin, které se liší morfologií, ekologií, jedovatostí a vlastnostmi vyvolávajícími strach nebo odpor. Ačkoli autonomní tělesné reakce na hady byly již dobře prozkoumány v předchozích výzkumech, dosud nikdo nezohlednil mezidruhovou variabilitu hadů. Existují důkazy, že lidé emocionálně rozlišují mezi různými druhy hadů tím, že zažívají buď strach, nebo znechucení. Je tedy rozumné očekávat, že stejný rozdíl se projeví i na fyziologické úrovni. Poprvé by to ukázalo, že hadi jsou emocionálně variabilní kategorií, což by mohlo mít významné důsledky pro budoucí výzkum i klinickou praxi.

## **Metody**

### ***Výzkumný vzorek***

Do této studie bylo zařazeno celkem 143 participantů (116 žen a 27 mužů), průměrný věk byl  $28,12 \pm 10,65$  let, 46 osob mělo biologické a 97 jiné než biologické vzdělání. Každý respondent vyplnil před začátkem experimentu dva dotazníky zaměřené na strach z hadů (SNAQ) a sklon k prožívání odporu (DS-R). Na základě dosažených skóre byli následně rozděleni do 4 experimentálních skupin: osoby s 1) vysokým či 2) nízkým strachem z hadů ( $n = 75$  a  $64$ ) a 3) vysokým či 4) nízkým sklonem k odporu ( $n = 59$  a  $80$ ).

### ***Testované stimuly***

Stimuly tvořilo 20 fotografií různých druhů hadů s odlišným morfotypem vyvolávajících silnou a jedinečnou emoční odpověď - 10 nebezpečných, vysoce jedovatých zmijovitých hadů vyvolávajících v lidech intenzivní strach a 10 neškodných, nejedovatých podzemních hadů vyvolávajících odpor. Průměrné hodnocení hadů ze skupiny zmijovitých na 7bodové Likertově škále strachu (1 - žádný strach, 7 - extrémní strach) bylo  $5,15 \pm 1,95$ , zatímco průměrný skóre podzemních hadů byl  $3,24 \pm 2,00$ . Jako kontrolní stimuly bylo použito 20 fotografií listů.

### ***Design experimentu***

Ve studii byly použity dvě různé metody prezentace s odlišnou intenzitou vizuální stimulace - sekvenční a blokový design. V sekvenčním designu byly obrázky hadů a listů prezentovány na monitoru střídavě jeden po druhém počínaje kontrolním stimulem (tedy list - jedovatý had - odporný had atd.). Každý ze 40 obrázků se objevil po dobu 5 sekund, jednotlivé stimuly byly od sebe odděleny černou obrazovkou. V blokovém, designu byly obrázky prezentovány pohromadě v blocích sestávajících z 10 obrázků z jedné kategorie (strach, znechucení a kontrola). Tento design představuje silnější stimulaci ve srovnání s individuálně prezentovanými stimuly. Obrázky v jednom bloku byly prezentovány jeden po druhém a každý obrázek ze specifické kategorie se objevil na obrazovce pouze na 2,5 sekundy, takže celý blok byl zobrazen na 25 sekund. Po celou dobu prezentace v obou experimentech byli respondenti připojeni k přístroji měřícímu fyziologickou odezvu, konkrétně kožní odpor a srdeční tep.

### ***Statistická analýza***

Abychom mohli vzájemně porovnat fyziologické odpovědi na danou kategorii podnětů, vypočítali jsme několik parametrů: počet reakcí (NR), průměrnou amplitudu (MAS) a dobu trvání reakce (MDS) na podnět (součet všech amplitud a dob trvání dělený počtem stimulů

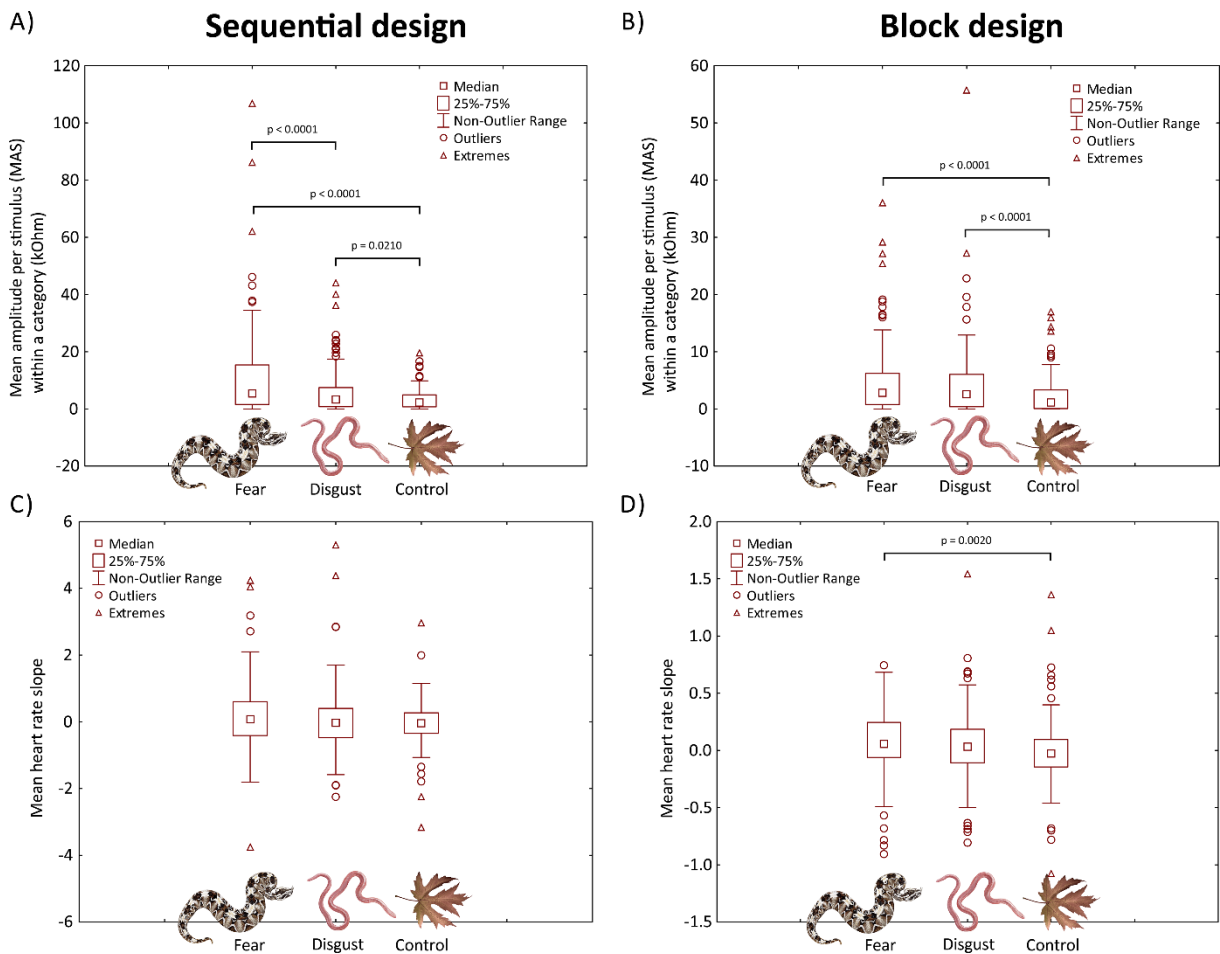
v kategorii) a průměrnou amplitudu (MAR) a dobu trvání (MDR) na reakci (součet amplitud a dob trvání dělený počtem reakcí na kategorii). Rozdíly ve fyziologických reakcích na jednotlivé druhy hadů a různé kategorie stimulů byly otestovány pomocí Friedmanova testu a post hoc Nemenyiho testu. K porovnání fyziologických reakcí respondentů s vysokým a nízkým strachem/znechucením byl použit Mann-Whitneyův U test. Výpočty byly provedeny v R Development Core Team (2010) a Statistica 9.1 (StatSoft Inc., 2010).

## Výsledky

Friedmanův test odhalil, že kategorie stimulu (strach, odpor a kontrola) měla signifikantní vliv na všechny testované parametry kožního odporu (NR:  $\chi^2 = 74,71$ ; MAS:  $\chi^2 = 58,68$ ; MDS:  $\chi^2 = 74,65$ ; MAR:  $\chi^2 = 27,11$ ; MDR:  $\chi^2 = 25,88$ , všechny  $df = 2$ , všechny  $p < 0,001$ ; Obr. 4). Všechna párová srovnání kategorií stimulů pomocí Nemenyiho testu byla statisticky významná ( $p$  od 0,021 do  $< 0,001$ ), s výjimkou MAR a MDR, kde srovnání odpor vs. kontrola nebylo významné ( $p > 0,05$ ). Pro srdeční tep nebyl výsledek Friedmanova testu signifikantní, vizualizace však ukazuje, že existuje mírná tendence k vyššímu srdečnímu tepu v reakci na hady vyvolávající strach a k nižšímu srdečnímu tepu v reakci na hady vyvolávající odpor.

Dále jsme pomocí Mann-Whitneyova U testu analyzovali rozdíly ve zkoumaných parametrech kožního odporu mezi respondenty s vysokým vs. nízkým strachem z hadů a vysokým vs. nízkým sklonem k prožívání odporu. Pro osoby s vysokým a nízkým strachem bylo srovnání statisticky významné v případě počtu a trvání reakcí na hady vyvolávající strach (NR:  $p = 0,019$ ; MDS:  $p = 0,013$ ; MDR:  $p = 0,010$ ; Obr. 5), ale nevýznamné v případě amplitudy a reakcí na jiné kategorie podnětů. Pro osoby s vysokým a nízkým odporem byla srovnání významná pro všechny zkoumané parametry v odpovědích na hady vyvolávající strach (všechna  $p < 0,05$ ) i znechucení (všechna  $p < 0,01$ ), s výjimkou MDR, který byl významný pouze u hadů vyvolávajících odpor ( $p < 0,01$ ). Kromě toho test odhalil významný rozdíl v srdečním tepu u hadů vyvolávajících strach při srovnání respondentů s vysokým a nízkým strachem ( $p < 0,001$ ), ale žádný významný rozdíl při srovnání osob s vysokým a nízkým odporem.

**Obrázek 4.** Porovnání kožního odporu (A,B) a srdečního tepu (C,D) v reakci na hady vyvolávající strach nebo odpor a kontrolní stimuly (listy) ve dvou typech experimentálních designů.



## Diskuze

Z výsledků vyplývá, že jedovatí hadi působící strach zároveň vyvolávají výrazně intenzivnější fyziologickou odpověď, jak dokazuje vyšší amplituda kožního odporu ve srovnání s hady působícími odpor. Navíc individuální úroveň strachu z hadů výrazně ovlivňuje tělesné reakce, protože osoby s vysokým strachem vykazují silnější odpověď ve sledovaných fyziologických parametrech ve srovnání se subjekty s nízkým strachem.

Pozorovaná vyšší psychofyziologická reakce na zmijovité hady může být výsledkem ancestrální prioritizace ve smyslu včasného rozpoznání a rychlého spuštění emoce strachu. Kromě toho může být tato autonomní tělesná reakce adaptivní při specifické interakci s hlavními složkami hadího jedu. Bezprostředně po hadím uštknutí je jako první pomoc ke snížení šíření jedu v těle doporučována imobilizace postiženého. V této rané fázi by vysoký strach, který zvyšuje srdeční tep, mohl vést k rychlejšímu šíření hadího jedu v těle, což by mělo negativní důsledky na přežití oběti. V pozdější fázi uštknutí se však začíná uplatňovat účinek hypotenzních složek



obsažených v jedu některých zmijovitých hadů, z nichž některé již byly extrahovány za účelem léčby vysokého krevního tlaku (např. jed křovináře žararaka: Koh & Kini, 2012). Když se tyto hypotenzní sloučeniny projeví, krevní tlak drasticky poklesne, což při absenci léčby velmi často nakonec vede k selhání celého krevního oběhu a zástavě srdce. Emoce strachu má však protichůdný hypertenzní účinek. Lze tedy předpokládat, že strach může potenciálně zlepšit fyziologickou odpověď na uštknutí zmijovitými hady.

V kontextu dříve uvedené studie subjektivního hodnocení různých skupin hadů tak i tento experiment dokazuje, že lidé mají pozoruhodnou neuvědomovanou schopnost rozlišovat mezi nebezpečnými jedovatými hady a neškodnými podzemními druhy, což se projevuje nejenom v afektivní rovině prožívání, ale odráží se také v odlišných autonomních reakcích těla.

#### **4) Neurální reakce na hady vyvolávající strach a odpor**

Hadi představují výrazný evoluční podnět se silným emočním nábojem, který v průběhu lidského vývoje tvaroval mozkové okruhy zodpovědné za vizuální, pozornostní a emoční zpracování (Öhman & Mineka, 2001). Přestože výzkumy zabývající se mozkovou aktivací při sledování hadů již existují (e.g., Carlsson et al., 2004; Lueken et al., 2011; Schaefer et al., 2014), žádná studie dosud nepopsala potenciální variabilitu v neurální odpovědi na různé druhy, lišící se morfologií, zbarvením či toxicitou. Navíc dosud byl zkoumán pouze strach z hadů, z předchozích výzkumů je však zřejmé, že u některých druhů hraje důležitou roli i odpor, který je kvalitativně odlišnou emocí s rozdílným neuropsychologickým profilem.

V tomto fMRI experimentu jsem se proto detailně zabýval rozdíly v mozkové aktivaci vyvolané dvěma předem definovanými skupinami hadů vyvolávajícími strach nebo odpor. Zatímco amygdala je klíčovou strukturou při prožívání strachu, insula je hlavním centrem zpracování pocitů fyzického hnusu, ale i morálního opovržení. Aktivace insuly při prožívání odporu se již prokázala v řadě experimentálních studií, ale její zapojení do reakce na určité druhy hadů nebyla dosud studována. Hlavním cílem této studie bylo tedy odhalení příslušných funkčních okruhů asociovaných s vnímáním hadích stimulů u různých skupin subjektů.

#### **Metody**

##### ***Výzkumný vzorek***

Do studie bylo vybráno 81 zdravých dobrovolníků (19 mužů a 62 žen, věkové rozpětí 19-87 let, průměrný věk 28,5 let) s nízkým a vysokým skóre SNAQ a DS-R. Dále bylo rekrutováno i 37 žen

s ofidiofobií (průměrný věk 31,7 let) a jako kontrolní skupina s odlišnou specifickou fobií i 22 pacientů s diagnostikovanou arachnofobií (1 muž a 21 žen, průměrný věk 27,9 let).

### ***Testované stimuly***

Pro účely tohoto experimentu byly použity stejné fotografie jako ve studii subjektivních hodnocení popsané výše. Každý obrázek zobrazoval jeden druh hada umístěného na 18% šedém pozadí, v klidné, neútočící pozici a ve standardizované velikosti. Celý set byl poté zkopírován a horizontálně překlopen, takže nakonec obsahoval 160 fotografií hadů (80 vyvolávajících strach a 80 odpor). Nakonec byl ještě doplněn o 40 standardizovaných fotografií listů, opět zduplikovaných a horizontálně překlopených, které sloužily jako kontrolní podněty.

### ***Design experimentu***

Každý participant prošel vyšetřením fMRI ve skeneru Siemens MAGNETOM Prisma s výkonem 3 Tesla. Pro dané měření byla použita standardní 64kanálová hlavová cívka. Během vyšetření se přes zrcátko v hlavové cívce (projektor byl umístěn za skenerem) výzkumné osobě postupně promítaly v sérii obrázky ze tří kategorií stimulů: hadi působící strach nebo odpor a listy.

Pro tento experiment byl zvolen blokový design. Každý blok obsahoval 10 obrázků z dané kategorie zobrazených v náhodném pořadí. Pořadí prezentace jednotlivých bloků bylo vyvážené tak, aby každá kategorie podnětů následovala zbylé dvě kategorie se stejnou frekvencí. Každý obrázek byl zobrazen po dobu 3 sekund a každá kategorie podnětu byla prezentována v 8 blocích, celkem tedy 24 bloků. Po skončení měření participanti ještě ohodnotili všechny prezentované hady na 7bodové Likertově škále podle strachu a odporu.

### ***Statistická analýza***

Pro zobrazení mozkové aktivity byly použity T2\* vážené gradienty pokrývající celý mozek i vybrané mozkové oblasti: 1) emoční okruh (amygdala, hipokampus, insula, apod.), 2) okruh zpracování vizuálních podnětů v temenním laloku (okcipitální a temporální gyry, fusiformní a linguální gyrus a rýha calcarine, 3) podkorové oblasti (thalamus a putamen). Data byla analyzována zvláště pro každou ze tří skupin subjektů, a to na dvou úrovních, individuální a skupinové. Pro analýzu aktivace jednotlivých voxelů na individuální úrovni byly použity obecné lineární modely (GLM). Kvůli problému mnohonásobného testování byla použita FWE korekce na hladině významnosti 0,05. Na individuální úrovni byl nejprve spočítán nárůst aktivace při prezentaci hadů vyvolávajících strach i odpor a poté porovnána aktivace mezi následujícími kategoriemi: hadi působící strach vs. listy, hadi působící odpor vs. listy a obě kategorie hadů

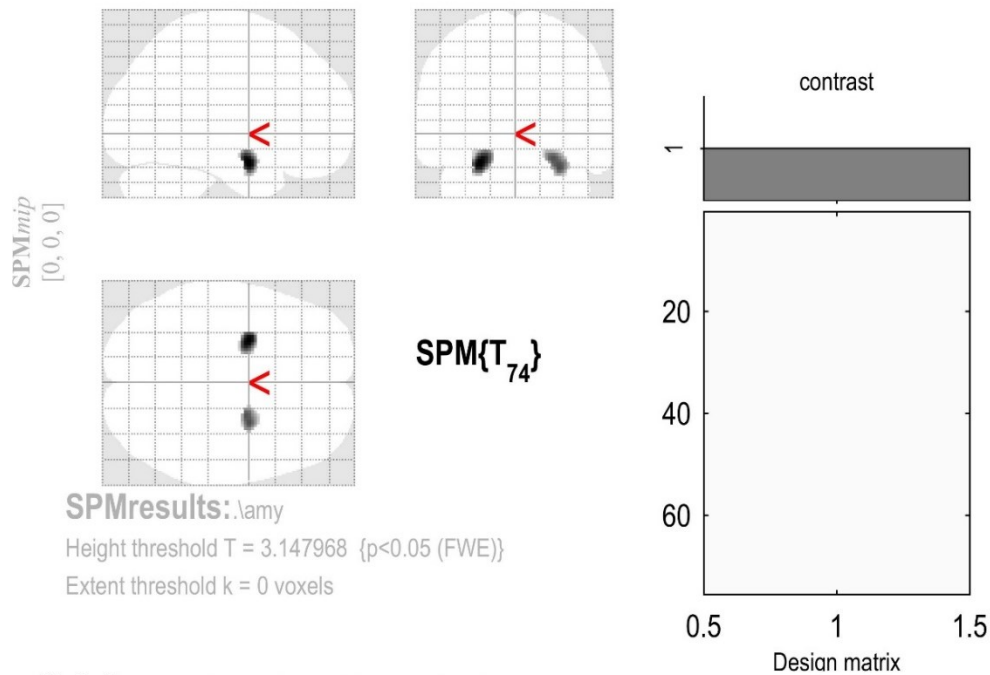
mezi sebou. Následně byla data analyzována na skupinové úrovni, kdy se využila sada kontrastních obrázků definovaných pro každý subjekt, statisticky vyhodnocených pomocí GLM a párového t-testu. Ten určil, ve kterých mozkových oblastech došlo na skupinové úrovni k nárůstu aktivace. Párovým t-testem byl také spočítán rozdíl v kontrastech nalezených mezi oběma kategoriemi hadů a listy. V GLM modelu byl nakonec analyzován vliv skóreů SNAQ a DS-R (přidány jako kovariáty) a hodnocení sady obrázků hadů vyvolávajících strach a odpor na 7bodové škále. Zpracování obrázků a statistické analýzy byly provedeny v programu SPM, verze 12 (Statistical Parametric Mapping software, SPM; <http://www.fil.ion.ucl.ac.uk>) implementovaném v prostředí MATLAB R2016b.

## Výsledky

Při porovnání neurální odpovědi na hady vyvolávající strach vs. listy byla u zdravých dobrovolníků patrná silná bilaterální aktivace ve zrakové kůře a přilehlých oblastech (spodní, střední a horní okcipitální gyrus, rýha calcarine, linguální, fusiformní, angulární, supramarginální a precentrální gyrus), levém thalamu a pravé i levé amygdale (Obr. 5). Statisticky významný byl rozdíl u celkem 8 clusterů, z nichž největší se skládal z 25 300 voxelů (z celkem 188 402 voxelů;  $p < 0,001$ ). Velmi podobný výsledek přineslo i srovnání aktivace při sledování hadů vyvolávajících odpor vs. listů (7 clusterů, největší z nich 24 448 voxelů,  $p < 0,001$ ; aktivní oblasti: okcipitální gyry, rýha calcarine, linguální, angulární, supramarginální a precentrální gyrus a pravý i levý thalamus). Hadi působící strach oproti těm působícím odpor vyvolali výrazně vyšší aktivaci v oblasti primární zrakové kůry (5 627 voxelů,  $p < 0,001$ ; spodní a prostřední okcipitální gyrus; Obr. 6), zatímco opačné srovnání (odpor > strach) odhalilo vyšší aktivaci v omezené oblasti pravého linguálního gyru (80 voxelů;  $p = 0,001$ ).

U zdravých dobrovolníků byla na úrovni celého mozku nalezena pozitivní korelace pouze mezi skórem SNAQ a aktivací v jednom clusteru (5 voxelů;  $p = 0,025$ ) v levé posteriorní thalamokortikální dráze při sledování děsivých hadů v porovnání s listy a ve třech clusterech (58, 40 a 9 voxelů;  $p = 0,001 - 0,017$ ; Příloha 91) v superiorním parietálním a prostředním okcipitálním gyru při sledování odporých hadů v porovnání s listy. Statisticky signifikantní byla korelace mezi subjektivním hodnocením obrázků hadů na základě strachu a aktivací v oblasti primární zrakové kůry bilaterálně (1 701 a 2 358 voxelů;  $p < 0,001$ ; aktivované oblasti: spodní a střední okcipitální gyrus, rýha calcarine; Obr. 7).

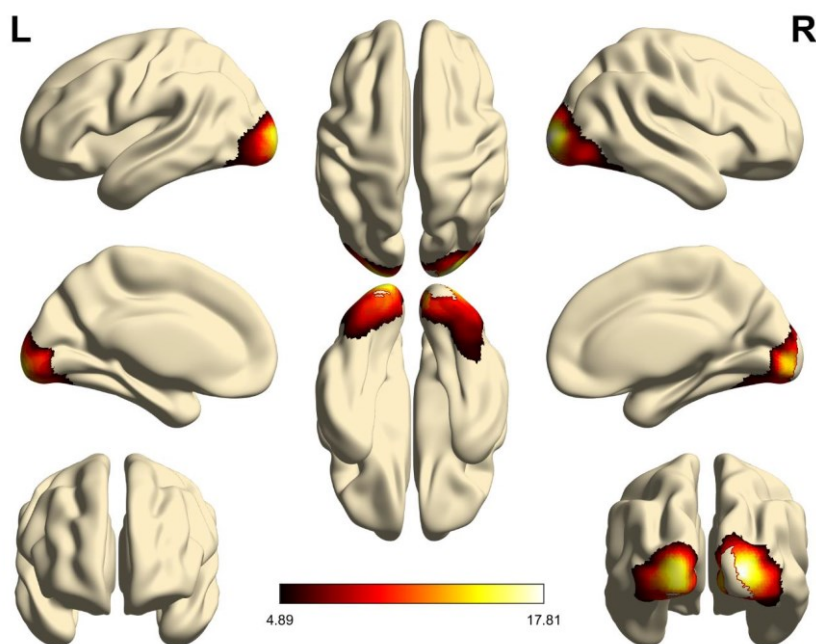
**Obrázek 5.** Bilaterální aktivace amygdaly u zdravých dobrovolníků při sledování hadů působících strach v porovnání s kontrolními podněty (strach > listy).



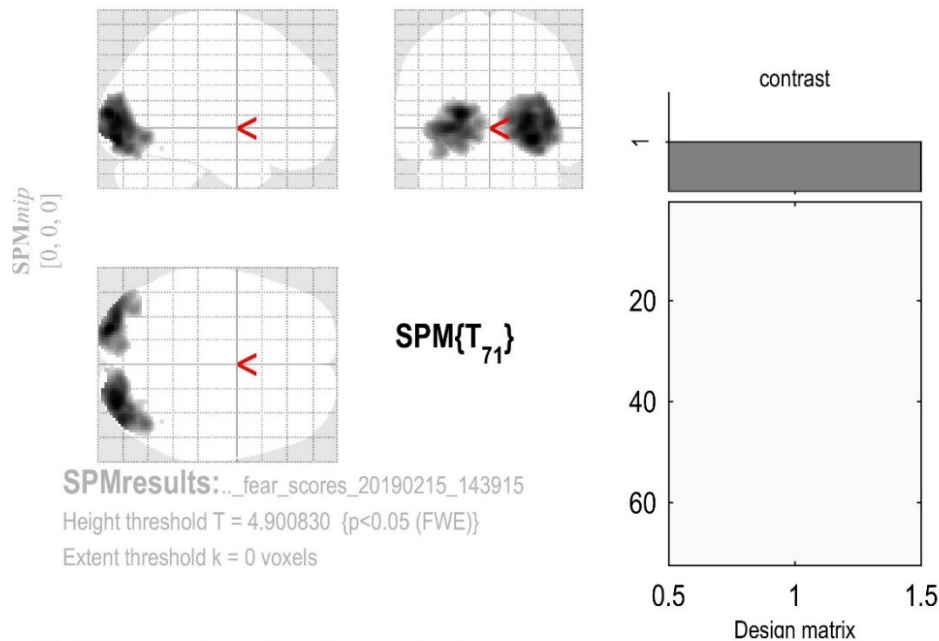
**Statistics:  $p$ -values adjusted for search volume**

set-level		cluster-level				peak-level					mm mm mm		
$p$	$c$	$p_{\text{FWE-corr}}$	$q_{\text{FDR-corr}}$	$k_E$	$p_{\text{uncorr}}$	$p_{\text{FWE-corr}}$	$q_{\text{FDR-corr}}$	$T$	$(Z_{\text{=}})$	$p_{\text{uncorr}}$			
0.001	2	0.003	0.080	153	0.053	0.000	0.001	5.59	5.09	0.000	-26	-2	-22
		0.004	0.080	122	0.080	0.001	0.013	4.67	4.35	0.000	28	-2	-24

**Obrázek 6.** Zobrazení signifikantních rozdílů v neurální aktivitě u zdravých dobrovolníků při sledování hadů vyvolávajících strach v porovnání s hady vyvolávajícími odpor (strach > odpor).



**Obrázek 7.** Korelace mezi mozkovou aktivací u zdravých dobrovolníků a subjektivním hodnocením obrázků hadů prezentovaných během měření na 7bodové Likertově škále podle strachu (1 - žádný strach, 7 - extrémní strach). Respondenti, kteří hodnotí obrázky hadů výše na škále strachu, zároveň vykazují vyšší aktivaci v primární zrakové kůře a přilehlých oblastech.



**Statistics:  $p$ -values adjusted for search volume**

set-level		cluster-level				peak-level					mm mm mm		
$p$	$c$	$p_{\text{FWE-corr}}$	$q_{\text{FDR-corr}}$	$k_E$	$p_{\text{uncorr}}$	$p_{\text{FWE-corr}}$	$q_{\text{FDR-corr}}$	$T$	$(Z_{\equiv})$	$p_{\text{uncorr}}$			
0.000	4	0.000	0.000	1701	0.000	0.000	0.000	8.33	6.93	0.000	-22	-94	8
						0.000	0.000	7.86	6.65	0.000	-30	-90	-2
						0.000	0.001	7.21	6.22	0.000	-20	-98	-6
		0.000	0.000	2358	0.000	0.000	0.000	8.31	6.92	0.000	30	-88	-10
						0.000	0.000	8.09	6.79	0.000	26	-88	4
						0.000	0.000	7.80	6.61	0.000	40	-84	2
		0.040	0.793	1	0.793	0.042	0.842	4.96	4.58	0.000	-14	-92	-16
		0.040	0.793	1	0.793	0.042	0.842	4.95	4.58	0.000	42	-56	-16

U pacientů s ofidiofobií vyvolali hadi působící strach v porovnání s listy zvýšenou aktivaci v okcipitálním a částečně i temporálním a parietálním laloku, tedy ve zrakové a somatosenzorické kůře (15 clusterů, největší z nich 13 300 voxelů;  $p < 0,001$ ; aktivní oblasti: okcipitální gyry, rýha calcarine, linguální, fusiformní, angulární a horní parietální gyrus). Srovnání aktivace vyvolané hady působícími odpor vs. listy vedlo k velmi podobnému výsledku (16 clusterů, největší z nich 10 694 voxelů,  $p < 0,001$ ). Sledování hadů vyvolávajících strach vedlo v porovnání s těmi působícími odpor k vyšší oboustranné aktivaci v oblasti primární zrakové kůry (1141 a 945 voxelů;  $p < 0,001$ ; aktivní oblasti: spodní a střední okcipitální gyrus, fusiformní gyrus). Opačný kontrast (odpor > strach) naopak žádnou aktivaci neodhalil.

## Diskuze

Hadi, bez ohledu na to, zda patří do skupiny vzbuzující strach nebo odpor, vyvolávají ve srovnání s kontrolními podněty (listy) vyšší aktivaci v okcipitálním laloku, která částečně zasahuje i do temporální a parietální oblasti. Tak je tomu u zdravých dobrovolníků, kteří netrpí fobickým strachem z hadů a v menší míře i u lidí s arachnofobií. Je však zajímavé, že stejně lokalizovanou, avšak mnohem intenzivnější aktivaci šířící se do více mozkových oblastí, kraniálním směrem až k precentrálnímu gyru v parietálním laloku a laterálně pokrývající celý temporální lalok, je možné sledovat u lidí trpících panickým, iracionálním strachem z hadů. Setkání s hadem, byť jen ve formě statického obrázku, tak u nich vede k silné elektrofyziologické reakci mající ohnisko především ve zrkové kůře, ale zasahující značnou část zadní poloviny obou hemisfér až ke středové mozkové rýze (sulcus centralis). Zapojení oblastí v okcipitálním a temporálním laloku tak svědčí o rozsáhlém vizuálním zpracování a ostražitosti, která je s fobickým strachem často spojována (Öhman et al., 2001). Aktivace v parietálním laloku, kde se nachází mimojiné i motorický kortex, může být zase důkazem přípravy útěkové reakce. Je přitom zajímavé, že mozkovou aktivitu v okcipitálním kortexu je možno predikovat na základě subjektivního hodnocení strachu z prezentovaných stimulů mnohem lépe než pomocí skóru ve standardizovaném psychologickém dotazníku.

Výsledky mého experimentu také poprvé prokázaly, že existuje jasný rozdíl v neurální odpovědi na hady působící strach nebo odpor, a to jak na úrovni celého mozku, tak i při analýze vybraných oblastí. Zmijovití hadi působící strach vyvolali ve srovnání s hady vzbuzujícími odpor vyšší bilaterální aktivaci v primární zrkové kůře a přilehlých oblastech (fusiformní a linguální gyrus), a to u všech tří skupin subjektů velmi podobně. Naproti tomu opačný kontrast (odpor > strach) odhalil vyšší aktivaci především v pravém linguálním gyru a levé insule.

Rozdíl v aktivaci během sledování dvou zkoumaných skupin hadů může souviset s nepřetržitou pozorností věnovanou právě hadům vyvolávajícím strach, což vysvětluje kontinuální aktivaci primární zrkové kůry i poté, co je prvotní zpracování vizuálního podnětu již ukončeno. To je také v souladu s dřívějšími nálezy, že zvýšená aktivace zrkových oblastí umožňuje zpracování podnětů ohrožujících přežití jedince (Bradley et al., 2003). Tento pozorovaný rozdíl v aktivaci má nakonec i funkční (ultimátní) vysvětlení. Mezi hady vyvolávající v lidech největší strach totiž patří především zmijovité druhy s vysoce efektivním jedem, zřetelnou hlavou a robustním tělem, kteří mohou být člověku velmi nebezpeční. Naproti tomu ve skupině hadů vyvolávajících odpor je většina druhů nejedovatá nebo jenom velmi mírně, s malou hlavou a

úzkým tělem, žijící skrytě pod povrchem, pro člověka tedy nepředstavují žádné nebezpečí. Proto moje zde prezentované výsledky částečně potvrzují evoluční hypotézu, že náš mozek specificky reaguje zvýšenou pozorností na typický barevný vzor a tvar těla zmijovitých hadů, se kterými sdílíme minimálně 60 miliónů let společného vývoje ve Východní Africe (Isbell, 2006, 2009).

## Použitá literatura

- Bradley, M. M., Sabatinelli, D., Lang, P. J., Fitzsimmons, J. R., King, W., & Desai, P. (2003). Activation of the visual cortex in motivated attention. *Behavioral neuroscience*, *117*(2), 369-380.
- Carlsson, K., Petersson, K., Lundqvist, D., Karlsson, A., Ingvar, M., & Öhman, A. (2004). Fear and the amygdala: manipulation of awareness generates differential cerebral responses to phobic and fear-relevant (but non-feared) stimuli. *Emotion*, *4*, 340-353.
- Cook, M., & Mineka, S. (1989). Observational conditioning of fear to fear-relevant versus fear-irrelevant stimuli in rhesus monkeys. *Journal of Abnormal Psychology*, *98*(4), 448-459.
- Davey, G. C. (1994). Self-reported fears to common indigenous animals in an adult UK population: The role of disgust sensitivity. *British Journal of Psychology*, *85*(4), 541-554.
- DeLoache, J. S., & LoBue, V. (2009). The narrow fellow in the grass: Human infants associate snakes and fear. *Developmental Science*, *12*(1), 201-207.
- Fredrikson, M. (1983). Reliability and validity of some specific fear questionnaires. *Scandinavian Journal of Psychology*, *24*(1), 331-334.
- Fredrikson, M., & Öhman, A. (1979). Cardiovascular and electrodermal responses conditioned to fear-relevant stimuli. *Psychophysiology*, *16*(1), 1-7.
- International Test Commission. (2017). The ITC Guidelines for Translating and Adapting Tests (Second edition). [www.InTestCom.org]
- Isbell, L. A. (2006). Snakes as agents of evolutionary change in primate brains. *Journal of Human Evolution*, *51*(1), 1-35.
- Isbell, L. A. (2009). *The fruit, the tree, and the serpent: Why we see so well*. Harvard University Press.
- King, G. E. (1997, June). The attentional basis for primate responses to snakes. In *annual meeting of the American Society of Primatologists, San Diego, CA*.
- Klieger, D. (1987). The Snake Anxiety Questionnaire as a measure of ophidiophobia. *Educational and Psychological Measurement*, *47*(2), 449-459.
- Klieger, D. M., & Siejak, K. K. (1997). Disgust as the source of false positive effects in the measurement of ophidiophobia. *The Journal of Psychology*, *131*(4), 371-382.
- Klorman, R., Weerts, T. C., Hastings, J. E., Melamed, B. G., & Lang, P. J. (1974). Psychometric description of some specific-fear questionnaires. *Behavior therapy*, *5*(3), 401-409.
- Koh, C. Y., & Kini, R. M. (2012). From snake venom toxins to therapeutics—cardiovascular examples. *Toxicon*, *59*(4), 497-506.
- Landová, E., Bakhshaliyeva, N., Janovcová, M., Peléšková, Š., Suleymanova, M., Polák, J., et al. (2018). Association between fear and beauty evaluation of snakes: cross-cultural findings. *Frontiers in psychology*, *9*, 333.

- LeBeau, R. T., Glenn, D., Liao, B., Wittchen, H. U., Beesdo-Baum, K., Ollendick, T., & Craske, M. G. (2010). Specific phobia: a review of DSM-IV specific phobia and preliminary recommendations for DSM-V. *Depression and Anxiety, 27*(2), 148-167.
- LeDoux, J. (1996). Emotional networks and motor control: a fearful view. *Progress in Brain Research, 107*, 437-446.
- Lueken, U., Kruschwitz, J. D., Muehlhan, M., Siegert, J., Hoyer, J., & Wittchen, H. U. (2011). How specific is specific phobia? Different neural response patterns in two subtypes of specific phobia. *NeuroImage, 56*(1), 363-372.
- McCall, W. A. (1922). *How to measure in education*. Macmillan.
- McCrae, R. R., Kurtz, J. E., Yamagata, S., & Terracciano, A. (2011). Internal consistency, retest reliability, and their implications for personality scale validity. *Personality and social psychology review, 15*(1), 28-50.
- Öhman, A., & Mineka, S. (2001). Fears, phobias, and preparedness: toward an evolved module of fear and fear learning. *Psychological Review, 108*(3), 483-522.
- Öhman, A., & Soares, J. J. (1993). On the automatic nature of phobic fear: conditioned electrodermal responses to masked fear-relevant stimuli. *Journal of Abnormal Psychology, 102*(1), 121-132.
- Öhman, A., & Soares, J. J. (1994). "Unconscious anxiety": phobic responses to masked stimuli. *Journal of Abnormal Psychology, 103*(2), 231-240.
- Öhman, A., & Soares, J. J. (1998). Emotional conditioning to masked stimuli: expectancies for aversive outcomes following nonrecognized fear-relevant stimuli. *Journal of Experimental Psychology: General, 127*(1), 69-82.
- Öhman, A., Dimberg, U., & Esteves, F. (2014). Preattentive activation of aversive emotions. In T. Archer & L.-G. Nilsson (Eds.), *Aversion, avoidance, and anxiety: Perspectives on aversively motivated behavior*, Psychology Press, pp. 169–193.
- Öhman, A., Flykt, A., & Esteves, F. (2001). Emotion drives attention: detecting the snake in the grass. *Journal of Experimental Psychology: General, 130*(3), 466-478.
- Oksanen, J., Blanchet, F. G., Friendly, M., Kindt, R., Legendre, P., McGlinn, D., et al. (2017). *Vegan: Community Ecology Package. R Package Version 2.4–5*.
- R Development Core Team (2010). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. Vienna: R Foundation for Statistical Computing.
- Sawchuk, C. N., Lohr, J. M., Tolin, D. F., Lee, T. C., & Kleinknecht, R. A. (2000). Disgust sensitivity and contamination fears in spider and blood–injection–injury phobias. *Behaviour Research and Therapy, 38*(8), 753-762.
- Schaefer, H. S., Larson, C. L., Davidson, R. J., & Coan, J. A. (2014). Brain, body, and cognition: Neural, physiological and self-report correlates of phobic and normative fear. *Biological Psychology, 98*, 59-69.
- Soares, J. J., & Öhman, A. (1993). Backward masking and skin conductance responses after conditioning to nonfeared but fear-relevant stimuli in fearful subjects. *Psychophysiology, 30*(5), 460-466.
- StatSoft Inc. (2010). *Statistica (Data Analysis Software System), Version 9.1*. Tulsa, OK: StatSoft Inc.
- Tamietto, M., & De Gelder, B. (2010). Neural bases of the non-conscious perception of emotional signals. *Nature Reviews Neuroscience, 11*(10), 697-709.



## Publikační a odborná činnost

### Publikace s IF

1. Zsido A. N., Coelho C. C., **Polák J.** (2021). Nature relatedness: a protective factor for snake and spider fears and phobias. *Environment and Behaviour*, under review.
2. Vobrubová B., Sedláčková K., Janovcová M., Rádlová S., **Polák J.**, Peléšková Š., Frynta D., Landová E. (2021). Eye movement patterns in response to fear- and disgust-eliciting reptiles. *Evolution and Human Behavior*, under review.
3. Coelho C. M., **Polák J.**, Suttiwan P., Zsido A. N. (2021). Fear inoculation among snake experts. *BMC Psychiatry*, under review.
4. Landová E., Peléšková Š., Sedláčková K., Janovcová M., **Polák J.**, Rádlová S., Vobrubová B., Frynta D. (2020): Venomous snakes elicit a stronger subjective and physiological fear response. *PLoS ONE*, 15(8): e0236999. **IF = 2.74**
5. Rádlová S., **Polák J.**, Janovcová M., Sedláčková K., Peléšková Š., Landová E., Frynta D. (2020): Emotional reaction to fear- and disgust-evoking snakes: Sensitivity and propensity in snake-fearful respondents. *Frontiers in Psychology*, 11: 31. **IF = 2.13**
6. **Polák J.**, Rádlová S., Janovcová M., Flegr J., Landová E., Frynta D. (2019): Scary and nasty beasts: self-reported fear and disgust of common phobic animals. *British Journal of Psychology*, 111(2): 297-321. **IF = 3.31**
7. Janovcová M., Rádlová S., **Polák J.**, Sedláčková K., Peléšková Š., Žampachová B., Frynta D., Landová E. (2019). Human attitude toward reptiles: relationship between fear, disgust and aesthetic preferences. *Animals*, 9(5): 238. **IF = 1.65**
8. Rádlová S., Janovcová M., Sedláčková K., **Polák J.**, Nácar D., Landová E., Frynta D. (2019). Snakes represent emotionally salient stimuli that may evoke both fear and disgust. *Frontiers in Psychology*, 10: 1085. **IF = 2.13**
9. **Polák J.**, Landová E., Frynta D. (2018): Undisguised disgust: a psychometric evaluation of a disgust propensity measure. *Current Psychology*, 38(3): 608-617. **IF = 1.47**
10. Landová E., Bakhshaliyeva N., Janovcová M., Peléšková Š., Suleymanova M., **Polák J.**, Guliev A., Frynta D. (2018). Association between fear and beauty evaluation of snakes: cross-cultural findings. *Frontiers in Psychology*, 9: 333. **IF = 2.32**
11. Vlček P., **Polák J.**, Brunovský M., Horáček J. (2018): Role of glutamatergic system in obsessive-compulsive disorder with possible therapeutic implications. *Pharmacopsychiatry*, 51: 229-242. **IF = 2.06**
12. **Polák J.**, Sedláčková K., Nácar D., Landová E., Frynta D. (2016): Fear the serpent: a psychometric study of snake phobia. *Psychiatry Research*, 242: 163-168. **IF = 2.47.**
13. Landová E., Musilová V., **Polák J.**, Sedláčková K., Frynta D. (2016): Antipredatory reaction of the leopard gecko (*Eublepharis macularius*) to snake predators. *Current Zoology*, 62: 439-450. **IF = 1.76**

### Publikace bez IF

1. **Polák J.**, Sedláčková K., Landová E., Frynta D. (2020): Faster detection of snake and spider phobia: revisited. *Heliyon*, 6(5): e03968. **IF = 1.65**
2. Rádlová S., Peléšková Š., **Polák J.**, Landová E., Frynta D. (2019). Emoce vyvolané zvířaty II: strach a odpor. *E-psychologie*, 12(4): 61-77.

- Rádlová S., Janovcová M., **Polák J.**, Landová E., Frynta D. (2018). Emoce vyvolané zvířaty I: krása a estetické preference. *E-psychologie*, 12(3): 35-50.
- Polák J.** (2018): Poznáme podvodníky? *Psychologie Dnes*, 24: 42-43.

### Kapitola v knize

- Landová, Rádlová S., **Polák J.**, Frynta D. (2017): Evoluční původ fobií ze zvířat. In: Horáček, J., Kesner, L., Höschl, C., Španiel, F. *Mozek a jeho člověk, mysl a její nemoc*. Prague: Galén, 2016, pp. 237-247.

### Vybrané příspěvky na konferencích

- Polák J.**, Frynta D. (2015). Syndrom Indiana Jonese anebo psychologické měření strachu z hadů. *42. etologická konference ČSEtS*, 4. - 7. 11. 2015, České Budějovice.
- Polák J.**, Landová E., Flegr J., Frynta D. (2017). Strach a odpor ze zvířat: Analýza různých diagnostických metod. *Zoologické dny*, 9. - 10. 2. 2017, Brno.
- Vlček P., Kohútová B., **Polák J.**, Brunovský M. (2016). Neuropharmacological profile of selected areas responsible for the inhibition of P50 wave: from the P50 wave to off-label treatment of schizophrenia. *The 19th Biennial Meeting of the Pharmacology-EEG Society*, 26. - 30. 10. 2016, Nijmegen, Nizozemí.
- Vlček P., Novák T., Brunovský M., Bareš M., Klírová M., Bravermanová A., **Polák J.**, Kohútová B. (2017). Analysis of selected QEEG predictors in response to transcranial magnetic stimulation in major depression. *International Conference on Basic and Clinical Multimodal Imaging*, 29. 8. - 2. 9. 2017, Bern, Švýcarsko.
- Polák J.**, Sedláčková K., Nácar D., Landová E., Frynta D. (2017). The Indiana Jones syndrome: a psychometric study of snake fear. *International Convention of Psychological Science*, 23. - 25. 3. 2017, Vídeň, Rakousko.
- Landová E., Rádlová S., **Polák J.**, Sedláčková K., Janovcová M., Tomeček D., Tintěra J., Hlinka J., Frynta D. (2017). Not all snakes are alike: fMRI study of the affective response to different snake species. *13th International Conference for Cognitive Neuroscience*, 5. - 8. 8. 2017, Amsterdam, Nizozemí.
- Polák J.** (2018). Evoluce a neuropsychologie štěstí. *Konference ČASP*. 6. - 8. 4. 2018, Praha.
- Polák J.**, Rádlová S., Janovcová M., Flegr J., Landová E., Frynta D. (2019). Scary and nasty beasts: Fear of predators vs. avoidance in animal phobias. *6th International Conference of the Polish Society for Human and Evolution Studies*, 24. - 27. 9. 2019, Praha.

### Pedagogická činnost

Podíl na výuce předmětu Neuropsychologie, Fyziologická psychologie a Diagnostika dospělých.

Vypracování oponentských posudků tří bakalářských prací na Katedře psychologie, FF UK.

### Recenze pro odborné časopisy

Pravidelný recenzent pro časopis *Frontiers in Psychology*.