

Univerzita Karlova
Přírodovědecká fakulta

Studijní program: Biologie

Studijní obor: Zoologie



Bc. Dagmar Schwambergová

**Souvislost mezi reaktivitou imunitního systému a
kvalitou tělesného pachu u člověka**

Relationship between reactivity of immune system and quality of human
body odour

Diplomová práce

Školitel: doc. Mgr. Jan Havlíček, Ph. D.

Praha, 2018

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracoval/a samostatně a že jsem uvedl/a všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze, 10. 8. 2018

Podpis

Poděkování:

Poděkování patří zejména vedoucímu mé diplomové práce Honzovi Havlíčkovi, který obětoval svůj čas a zkušenosti, aby mi předal cenné rady a inspiraci. Dále bych ráda poděkovala kolegyni Žanetě Slámové za spolupráci a pomoc při praktické části této práce. Zároveň děkuji Jitce Fialové za konzultace a osobní přístup, jež mi věnovala při vzniku i průběhu samotné studie. Velký dík též patří mé rodině a přátelům za podporu, zájem a také pochopení, když jsem zrovna musela dát přednost této práci před nimi. Studie byla podpořena Grantovou agenturou Univerzity Karlovy (GAUK 1398218).

ABSTRAKT

Míra rozvoje sekundárních pohlavních znaků by mohla být vodítkem k imunokompetenci jedince. Tělesný pach by mohl částečně sloužit jako jeden z těchto znaků, který poskytuje důležité informace o potenciálním partnerovi i u lidí. Hlavním cílem diplomové práce bylo testovat vztah mezi reaktivitou imunitního systému a kvalitou tělesného pachu u člověka. Empirická část studie sestávala ze sběru vzorků tělesného pachu od 21 mužů ve věku 18-40 let před a 14 dní po vakcinaci proti hepatitidě A a B (Twinrix) a meningokoku (Menveo). Krevní vzorky participantů byly odebrány třikrát pro stanovení hladin IgG a IgM protilátek (jako markerů reaktivity imunitního systému), testosteronu, kortizolu a CRP. V druhé části studie proběhlo hodnocení vzorků tělesného pachu 88 ženami ve věku 18-40 let z hlediska atraktivity, intenzity a zdraví. V kontrastu s naším očekáváním nebyl nalezen žádný statisticky významný vztah mezi hladinami protilátek po vakcinaci a hodnocenou atraktivitou a zdravím tělesného pachu. Zároveň nebyla nalezena žádná signifikantní změna v hodnocení tělesného pachu a v hladinách testosteronu a kortizolu před a po očkování. Byl však zjištěn negativní vztah mezi CRP a hodnocenou atraktivitou a zdravím tělesného pachu. Výsledky této studie naznačují, že tělesný pach nemusí odrážet adaptivní složku imunitní odpovědi. Budoucí studie zpracovávající toto téma by se proto měly zaměřit i na další složky imunitního systému a zejména sledovat imunitní odpověď a odebírat tělesný pach krátce po vakcinaci, či jiné stimulaci imunity.

Klíčová slova

čich, tělesný pach, zdravotní stav, atraktivita, imunitní systém

ABSTRACT

It was previously proposed that expression of secondary sexual characteristics may provide cues to individual's immunocompetence. Body odour could partly serve as one of such characteristics, which provides crucial information about potential partner even in humans. The main aim of the diploma thesis was to test a relationship between body odour quality and reactivity of immune system. In empirical part of the study we collected body odour samples from 21 men aged between 18-40 years before and two weeks after the vaccination against hepatitis A and B (Twinrix) and meningococcus (Menveo). The participant's blood samples were obtained three times to determine levels of IgG and IgM antibodies (markers of reactivity of immune system),

testosterone, cortisol and CRP levels. In the second part of the study, a panel of 88 female raters aged 18–40 assessed body odour samples for their attractiveness, intensity and healthiness. In contrast to our expectations, we found no significant association between levels of antibodies induced by vaccination and perceived body odour attractiveness and health. Simultaneously, there were no significant changes in body odour ratings, neither in levels of testosterone and cortisol ratings, before and after the vaccination. However, we found a negative association between CRP and rated body odour attractiveness and health. Results of this study suggest that body odour may not reflect the adaptive component of the immune response. Therefore, future studies on this topic should aim on other components of the immune system and in particular to assess the immune response and to take body odour shortly after vaccination, or after other stimulation of immunity.

Keywords

olfaction, body odour, health status, attractiveness, immune system

OBSAH

1. Úvod	1
2. Imunitní systém a imunokompetence	3
2.1. Behaviorální imunitní systém	5
2.2. Imunokompetence	6
2.2.1. Hypotéza imunokompetenčního hendikepu	8
2.2.2. Hypotéza imunokompetenčního hendikepu spojená se stresem	11
2.2.3. Tělesný pach a imunokompetence	12
3. Tělesný pach a faktory ovlivňující jeho kvalitu	14
3.1. Genetické faktory ovlivňující tělesný pach	17
3.2. Enviromentální faktory ovlivňující tělesný pach	20
3.2.1. Strava	20
3.2.2. Reprodukční stav	21
3.2.3. Emocionální stav	21
3.2.4. Zdravotní stav	22
4. Materiál a metodika	25
4.1. Cíle	25
4.2. Hypotézy	25
4.3. Metody	26
4.3.1. Soubor osob - stimuly	27
4.3.2. Průběh studie - stimuly	27
4.3.2.1. Sběr tělesného pachu	29
4.3.2.2. Charakteristika vakcín	30
4.3.2.3. Laboratorní analýzy	31
4.3.2.3.1. Laboratorní analýza protilátek a CRP	32
4.3.2.3.2. Laboratorní analýza hormonů	33
4.3.3. Soubor osob - hodnotitelky	34
4.3.4. Průběh studie - hodnocení	35
4.4. Analýza dat	35
5. Výsledky	38
5.1. Rozložení dat v souboru	38
5.2. Souvislost mezi hodnoceními atraktivity, intenzity a zdraví tělesného pachu	38
5.3. Testování změn mezi hodnoceními atraktivity, intenzity a zdraví před a po vakcinaci	40
5.4 Vliv míry reaktivity imunitního systému na kvalitu tělesného pachu	41

5.5. Testování změn v hladinách steroidních hormonů v závislosti na aktivaci imunitního systému	42
5.6. Souvislost mezi kvalitou tělesného pachu a steroidními hormony a hodnotami CRP	44
6. Diskuze	48
6.1. Souvislost mezi reaktivitou imunitního systému a kvalitou tělesného pachu	48
6.2. Individuální rozdíly steroidních hormonů	51
6.3. Změna tělesného pachu v důsledku očkování	52
6.4. Ostatní výsledky	53
6.5. Limitace studie	56
7. Závěr	58
8. Seznam literatury	60
Příloha A	I.
Příloha B	III.
Příloha C	IX.

1. ÚVOD

Důležitost olfaktorické komunikace můžeme u člověka sledovat v mnoha mezilidských interakcích, například mezi matkou a dítětem nebo při výběru partnera. Tělesný pach je značně individuální a specifický, ovlivňován genetickými i enviromentálními faktory, mezi než patří strava, hormonální změny, emocionální a také zdravotní stav. Tělesný pach tak může sloužit nejen jako vodítko k aktuálnímu zdravotnímu stavu, dle něhož je jedinci umožněno vyhnout se infikovanému organismu, ale také by mohl odkazovat k imunokompetenci.

V kontextu pohlavního výběru je možné očekávat preference pro imunokompetentní jedince, kteří tak mohou předat tyto vlastnosti potomkům (lepší schopnost vypořádat se s tlaky prostředí, zejména parazitací). Zároveň je vyšší šance, že bude tento jedinec rezistentnější vůči okolním patogenům, a bude se tak moct podílet na případné rodičovské péči. K rozpoznávání velkého spektra i kmenů stejného druhu patogenu přispívá hlavní histokompatibilní komplex (MHC). Předchozí studie ukazují, že u savců, včetně člověka, existuje preference pro vyšší heterozygotnost u potenciálního partnera, což může svědčito snaze docílit diverzifikovanější výbavy alel MHC u potomstva. Různorodější alely MHC u heterozygotů posléze rozhodují o tom, zdali daný antigen, s kterým se jedinec setká, bude rozeznán. Imunitní systém mimo rozeznání antigenu má ještě další důležité funkce, a těmi jsou zejména optimální reakce na hrozbu a její eliminace. K tomu organismu slouží kombinace nespecifické a specifické imunity, zároveň spolupracující buněčná a humorální komponenta imunitního systému. Jejich dostatečná reaktivita rozhoduje o tom, zdali bude hrozba úspěšně a rychle eliminována. Imunokompetence tak sestává ze schopnosti rozeznat, odolávat a kontrolovat patogeny.

Imunokompetence u člověka je studována většinou v souvislosti s atraktivitou tváře, zejména její symetrií, kdy jedinci s nižší flukтуаční asymetrií jsou hodnoceni jako atraktivnější (Thornhill & Gangestad, 1999). Předchozí studie však také ukazují, že tvář jedinců s reaktivnějším imunitním systémem, měřeným na základě hladin protilátek proti hepatitidě B, byla hodnocena opačným pohlavím jako atraktivnější (Rantala *et al.*, 2012). Vzhledem k tomu, že předpokládáme, že tělesný pach by mohl sloužit jako znak určující kvalitu (odkazující na aktuální zdraví i imunokompetenci jedince), obdobně

jako tvář, mohla by zde existovat podobná souvislost. Tedy atraktivní tělesný pach můžeme očekávat spíše u zdravých a imunitně odolnějších jedinců, protože mohou energii organismu investovat právě do kvality percepčně zaznamenaných znaků. Cílem této diplomové práce je otestovat možný vztah mezi reaktivitou imunitního systému, měřenou na základě humorální odpovědi adaptivního imunitního systému – protilátek, a kvalitou tělesného pachu. Předpokladem je, že jedinci s reaktivnějším imunitním systémem, tj. vyššími hladinami protilátek po vakcinaci, budou hodnoceni opačným pohlavím jako atraktivnější a zdravější.

První část práce je literární rešerší, v které jsou v první kapitole probírány mechanismy fungování imunitního systému a imunokompetence. Jednotlivé funkce imunitního systému však nejsou probírány do větších detailů, neboť toto téma je mimo rozsah mé diplomové práce a primární funkcí kapitoly je spíše čtenáře uvést do dané problematiky. V souvislosti s imunokompetencí jsou zmiňovány studie prováděné zejména na ptácích, plazech a částečně také savcích, jež sledují, zdali jsou některé morfologické charakteristiky markerem imunokompetence. Tyto výzkumy jsou využívány jako srovnání ke studiím prováděným na lidech. V této kapitole jsou také zmíněny hypotézy, např. hypotéza imunokompetenčního hendikepu, která zahrnuje steroidní hormony – testosteron a kortizol a jejich vliv na imunitní funkce. Druhá kapitola literární rešerše se zaměřuje na tělesný pach – jeho vznik a faktory ho ovlivňující. Jednotlivé genetické a enviromentální faktory jsou nastíněny přehledově, neboť jsou to témata sama o sobě velmi obsáhlá a jejich detailní analýza opět přesahuje rozsah této práce. Zabývám se jimi tedy rámcově, abych stanovila teoretické souvislosti směřující k hlavnímu tématu této práce.

Další kapitoly už jsou věnované empirické části, nejdříve metodice, v které je rozpracovaný kompletní výzkumný postup. Poté se věnuji výsledkům, na které navazuje diskuze, jež na základě cílů a předpokladů uvedených v metodice, interpretuje výstupy z nasbíraných dat. V rámci diskuze jsou také zmíněny nedostatky a limitace samotné studie, které doplňují doporučení pro budoucí výzkumy. V úplném závěru práce jsou přiloženy přílohy, které sestávají z dotazníků, které byly vyžívány v praktické části diplomové práce.

2. IMUNITNÍ SYSTÉM A IMUNOKOMPETENCE

Tělesný imunitní systém obratlovců je složen ze dvou složek – vrozené a adaptivní, které spolupracují v obraně proti patogenům. Zároveň obě imunitní složky mají k dispozici buněčné a humorální komponenty, jež se v různých mírách významně podílí na komplexní odpovědi organismu. Efektivita imunitního systému tak definuje odolnost proti onemocněním a schopnost bránit se proti infekčním organismům. Imunitní systém musí být schopen efektivně rozeznat přítomnost patogenů, adekvátně na hrozbu zareagovat a eliminovat ji.

Vrozený imunitní systém je fylogeneticky starší a poskytuje prvotní linii obrany proti patogenním organismům, které jsou ve své struktuře velmi variabilní a vysoce proměnliví. Jejich rozeznávání umožňuje vrozené imunitě proteinová rodina PRR receptorů, které jsou zaměřené na molekulární strukturní motivy zvané PAMPs (Medzhitov & Janeway, 2000). PRRs mají vysokou afinitu a nízkou specifitu, proto jsou ideálními právě v primární obraně. Nejznámějšími receptory v rámci této rodiny jsou zřejmě Toll-like receptory, které se zaměřují na specifické ligandy patogenů, zároveň iniciují zánětlivé procesy a další imunitní odpovědi (Janeway & Medzhitov, 2002). Mezi buňky vrozené imunity patří makrofágy, dendritické buňky, žírné buňky, granulocyty a NK cytotoxické buňky. Avšak v boji proti patogenům nefiguruje pouze buněčná imunita, ale také humorální složka, residuální mikroflóra a anatomické bariéry (kůže, hlen, řasinky). Humorální složka vrozeného imunitního systému obsahuje obranné látky ve formě například lysozymu, laktoferrinu, pepsinu a zejména komplementového systému (Stanley, 2002). Proteiny obsažené v komplementu mohou patogenní organismy označit k fagocytóze, či penetrovat membránu bakterií a způsobit jejich lýzi.

Adaptivní imunitní systém se vyskytuje prvně u čelistnatých obratlovců, je tedy fylogeneticky mladší. Využití nalézá zejména v pozdějších fázích boje s patogeny, neboť jsou jeho receptory specifitější a systém je pomalejší v aktivaci. Zároveň si adaptivní imunita buduje vlastní antigenní paměť, aby mohla při opakovaném setkání s patogenem aktivovat rychlejší a efektivnější obranu. Buňky adaptivní imunity jsou T-lymfocyty, které dozrávají v brzlíku, a B-lymfocyty vznikající v kostní dřeni, odkud

se dostávají do sekundárních lymfoidních orgánů (lymfatické uzliny, slezina), kde se setkávají s antigeny (Bonilla & Oettgen, 2010). T-lymfocyty, které jako naivní přicházejí do brzlíku, zde podstupují nejen zmiňované zrání, ale také diferenciaci na pomocné a cytotoxické T-buňky. Zároveň interagují s dendritickými a fagocytujícími buňkami, což je důležité především pro rozeznávání cizorodých struktur od těch vlastních – autoreaktivní T-lymfocyty tak mohou být zavčas zneškodněny (Kappler *et al.*, 1987). Pro adaptivní imunitu je, vzhledem k jejím destruktivním možnostem cílené likvidace patogenů, důležité umět rozeznat vlastní struktury od cizorodých. Tuto funkci plní především hlavní histokompatibilní komplex (MHC), který váže antigen a zprostředkovává kontakt s T-lymfocyty. Důležité jsou zejména molekuly I. třídy, které jsou přítomné na všech somatických jaderných buňkách, kde prezentují imunitnímu systému peptidy organismu vlastní, jež jsou tolerovány cytotoxickými T-lymfocyty – čemuž byly právě naučeny v brzlíku. Pokud však dojde k napadení buňky například virem, jsou prezentovány také endogenní peptidy patogenu, které mohou být specificky rozeznány receptory TCR náležícím T-buňkám. Molekuly II. třídy jsou exprimovány na všech antigen prezentujících buňkách (dendritické buňky, makrofágy, B-lymfocyty), kde vystavují imunitnímu systému exogenní peptidy (Monaco, 1992). MHC komplex je navíc jeden z nejpolymorfnějších systému vůbec, což zajišťuje velkou variabilitu rozeznávaných patogenů v populaci. Mimo buňky adaptivní imunity zde hraje roli také humorální složka, která obsahuje protilátky tvořené B-lymfocyty, vážící se na antigen a způsobující jeho následné zneškodnění. Protilátky obalují mikroorganismy a zabraňují jim napadení buněk, zároveň usnadňují fagocytózu makrofágy. Avšak zejména spolupráce obou systémů, jak vrozené, tak adaptivní, je klíčová pro adekvátní odpověď na různorodé spektrum antigenů (Stanley, 2002).

Autoinfekční adaptivní imunita má různorodé strategie při boji s parazity extracelulárními či intracelulárními. Vzhledem k tomu, že různé subpopulace T-lymfocytů mají odlišné funkce, mohou díky zpětné vazbě využít cílenou odpověď. Pomocné T buňky typu 1 (Th1) pomáhají vyvolávat zánět, spolupracují tak s cytotoxickými T-lymfocyty (Tc) na zneškodňování intracelulárních parazitů (např. virů). Naopak pomocné T-buňky typu 2 (Th2) umožňují B-lymfocytům tvorbu protilátek a jsou tak společně ideálními v boji proti extracelulárním parazitům (Mosmann *et al.*, 1986; Hořejší *et al.*, 1998).

V rámci imunitního systému probíhá komunikace mezi jednotlivými složkami prostřednictvím signálních molekul či přímým kontaktem mezi buňkami. Patrně těmi nejnámějšími signálními molekulami jsou cytokiny, jinak také nazývány tkáňové hormony, které jsou proteinové povahy. Ovlivňují aktivaci imunitní odpovědi, toleranci k vlastním buňkám, směřují buňky do místa probíhající infekce apod. Jejich vnitřní skupinou jsou interleukiny, které ovlivňují nejčastěji vývoj fagocytujících buněk a lymfocytů, hrají roli tedy ve vrozené i adaptivní imunitě. Jedná se zejména o interleukin IL-4, který hraje roli ve vývoji Th2 lymfocytů. Ty se podílejí na obraně proti extracelulárním parazitům a podporují přesmyk IgM protilátek na IgG (Hsieh *et al.*, 1992). Mezi prozánětlivé interleukiny můžeme řadit například IL-1 či 2, které ovlivňují zahájení imunitní odpovědi a aktivaci buněk; mezi tlumivé naopak IL-10 (má vliv na tlumení IFN- γ , který napomáhá diferenciaci T-buněk v Th1) či IL-13 (Mizel, 1989; Hořejší *et al.*, 1998). Další podskupinou cytokinů jsou interferony, které mají protivirové účinky, například přispívají k aktivaci NK buněk, či stimulují apoptózu buňky prostřednictvím aktivace p53. Dále se do této skupiny řadí růstové faktory, kolonie stimulující faktory, nekrotizující faktory a chemokiny (Dinarello, 2000). Signálními molekulami imunitního systému jsou také eikosanoidy, zejména prostanglandiny a leukotrieny, oxid dusnatý a mnoho dalších.

2.1. BEHAVIORÁLNÍ IMUNITNÍ SYSTÉM

Mimo tělesný imunitní systém, který již brání organismus před probíhající hrozbou, existuje také takzvaný behaviorální imunitní systém. Ten je schopen aktivovat řady mechanismů, které vedou k detekci nemocných jedinců (či jiných potenciálních ohnisek patogenů), následné psychologické reakci a vyhýbání se možnostem nakažení. Behaviorální imunitní systém tak může ušetřit energii, která by jinak musela být vložena do imunitních reakcí již při napadení antigenem (Shaller & Park, 2011). Tento mechanismus je sledován zejména u sociálních druhů živočichů, které mají vyšší riziko nákazy ve vyšších populačních hustotách (Altizer *et al.*, 2003). Behaviorální imunitní systém je poměrně dobře zdokumentován u savců, zejména hlodavců (Kavaliers, Choleris & Pfaff, 2005), ale také byl testován u člověka v kombinaci se subjektivním hodnocením znechucení (disgust) a tělesnou imunitní reakcí (Schaller *et al.*, 2011). Ať už olfaktorická vodítka u hlodavců, či vizuální u lidí, ukazuje se, že behaviorální imunitní systém je způsob ochrany proti nakažení – vyhnutí se infikovanému jedinci

(včetně jeho ostatků, exkretů apod.), nebo připravení imunitního systému k možné kontaminaci při kontaktu.

Efektivní imunitní systém, v kterém spolupracují všechny jeho složky správně a chrání organismus před okolními patogeny, je ovlivněn mnoha faktory. Ať už se jedná o stav výživy (Chandra & Newberne, 1977), psychický stav ve spojení se stresem (Calabrese, Kling & Gold, 1987) či genetické variace v dílčích vlastnostech imunitního systému (př. Kurtz & Sauer, 1999).

2.2. IMUNOKOMPETENCE

Imunokompetence, tedy schopnost imunitního systému odpovídat adekvátně na antigeny, může být mimo jiné také významným znakem, který je v pohlavním výběru preferován. O genetické kvalitě a celkové kondici, která souvisí s imunitou, mohou být konspicifitní jedinci opačného pohlaví informováni signály či vodítky spojenými s percepčně zaznamenanými znaky, ať už vizuálně, akusticky či olfaktoricky.

Nejedná se tedy pouze o aktivní obranu proti nákaze, ale také o výběr partnera s kvalitním imunitním systémem. Hypotéza dobrých genů předpokládá, že určitý znak je signálem kvality samce, který mohou zdědit jeho potomci, proto by měl být výhodným partnerem (Hamilton & Zuk 1982). Respektive jedinec, který si je schopen vytvořit a udržet extravagantní kvalitní znaky, tak by zároveň mohl mít i efektivní imunitní systém, který je schopen bránit organismus před cizorodými antigeny a snížit tak náklady na případnou infekci (Andersson & Simmons, 2006; Owens & Wilson, 1999). Celková kondice je tedy schopnost mobilizovat energii a/nebo zdroje určitým směrem. Pokud by organismus byl napadený parazity, signály kvality by pravděpodobně byly sníženy, aby energie mohla být preferenčně lokalizována do imunitních reakcí.

Důležitým faktorem, který ovlivňuje schopnost imunitního systému adekvátně odpovídat na množství antigenů, je jeho ko-evoluce právě s patogeny. Vyvažování mezi virulencí daného patogenu, tj. individuální schopností způsobovat onemocnění, případně organismus usmrtit, a rezistencí hostitele (Schulenburg *et al.*, 2009). Důležitými geny, které hrají roli v obraně proti velkému spektru patogenů, jejich

množství či různým kmenům stejného druhu, jsou geny hlavního histokompatibilního komplexu (MHC) (Klein & Figuerora, 1986). Vysoký polymorfismus v populaci a zároveň určitá preference pro MHC odlišné partnery (př. Yamazaki *et al.*, 1976; Potts, Manning & Wakeland, 1991; Wedekind *et al.*, 1995 – více viz podkapitola 3.1.), by mohla poukazovat na snahu dosahovat co nejvyšší heterozygotnosti u potomků, aby byla zajištěna co nejvyšší rezistence proti různorodým patogenům. Tendence dosahování určité míry heterozygotnosti u potomků však může být ovlivněna také prostředím – tam, kde hrozí vyšší riziko nákazy větším spektrem patogenů, bude tendence vyšší. Naopak v prostředí, kde jsou organismy ohroženy jen úzkou skupinou patogenů, vyplatí se zřejmě preference ke specifické alele MHC, která je spojená s rezistencí proti určitému patogenu (Wegner, Reusch & Kalbe, 2003). Hlavní histokompatibilní komplex a polymorfismus v jeho rámci může být tak ukázkou snahy o optimalizaci imunokompetence.

Imunokompetentní jedinci obecně jsou schopni efektivního rozeznávání patogenů a následně na ně odpovídajícím způsobem reagovat. Na ptačích studiích se například ukazuje, že vyšší hladiny karotenoidů u zebříček pestrých (*Taeniopygia guttata*) přijímané z potravy (lutein a zeaxanthin) u samců determinují výraznější zbarvení peří, které je samicemi preferováno. Zároveň karotenoidy ovlivňují efektivitu imunitního systému, tedy čím více karotenoidů, tím vyšší imunokompetence (Blount *et al.*, 2003; McGraw & Ardia, 2003; Bendich, 1989). Na vliv karotenoidů ukazuje také studie Faivre a kol. (2003), kdy barva zobáku, která je determinována právě množstvím karotenoidů, v závislosti na aktivaci imunitního systému prošla změnou u kosa černého (*Turdus merula*). Ztráta sytosti zbarvení je spojována s lokací karotenoidů do imunitních reakcí, což ukazuje na přímé spojení sekundárních pohlavních znaků s imunitou u ptáků. U zvířat, zejména u dimorfních ptáků, může imunokompetenci prozrazovat hlavně zbarvení peří a ornamentů; u člověka je však jedním z vodítek imunokompetence obličej.

Lidská tvář poskytuje ostatním členům populace různorodé informace, které souvisí s aktuální i dlouhodobou kondicí. Znakem kvalitních genů by tak mohla být symetrie (resp. nízká fluktuální asymetrie), která pozitivně koreluje s hodnocenou atraktivitou tváře (Scheib, Gangestad & Thornhill, 1999; Thornhill & Gangestad, 1999). Některé studie také poukazují na to, že v mužské tváři může být znakem imunokompetence

maskulinita, př. široká čelist, neboť se jedná o znaky spojené s testosteronem a měly by být opačným pohlavím hodnoceny jako atraktivnější (Grammer & Thornhill, 1994; Little *et al.*, 2001). Přestože však symetrie tváře je obecně preferovaná, maskulinita souvisí s více faktory – hodnocením vlastní atraktivity u žen a také, zdali se jedná o výběr potenciálního partnera pro dlouhodobý či krátkodobý vztah (Little *et al.*, 2001). Mimo jiné ukazatelem dobrých genů také může být například hlas, který je u mužů preferován hlubší a poukazuje též na velikost těla daného jedince (Evans, Neave & Wakelin, 2005). Obdobné informace o imunokompetenci jedince však může poskytovat i tělesný pach. Například tělesný pach hodnocený z triček symetričtějších mužů byl ženami označován jako atraktivnější (Thornhill & Gangestad, 1999), více viz podkapitola 2.2.3.

Imunokompetence je tak jedním z důležitých znaků, které jsou v pohlavním výběru preferovány. Avšak k odhalení efektivitu imunitního systému je potřeba signálů či vodítek, které mohou být percepčně zaznamenatelné opačným pohlavím. Mezi imunitním systémem a zprostředkováním znaků, které mohou na imunokompetenci odkazovat, tak stojí ještě endokrinní systém, zejména jeho produkty - testosteron a kortizol.

2.2.1. HYPOTÉZA IMUNOKOMPETENČNÍHO HENDIKEPU

Jak již bylo zmíněno výše, očekává se, že při napadení organismu patogeny, zřejmě dochází k preferenční lokalizaci energie do imunitních reakcí – která může být jinak investována do signalizace či reprodukce apod. S lokalizací energie souvisí hypotéza imunokompetenčního hendikepu, která předpokládá, že testosteron zvyšuje kvalitu sekundárních pohlavních znaků, ale snižuje efektivitu imunitního systému – způsobuje imunosupresi (Folstad & Karter 1992). Vyšší hladina testosteronu způsobuje vysokou kvalitu sekundárně pohlavních znaků, ale ohrožuje organismus větším napadením patogeny, proto si jen velmi kvalitní samci mohou dovolit signalizovat výrazné znaky, aniž by utrpěli významně zvýšenou šanci nákazy. Tato hypotéza spojuje ideu teorie dobrých genů – zejména v souvislosti rezistence proti parazitům (Hamilton & Zuk 1982) a zároveň také hypotézu hendikepu, která vypovídá o tom, že vyšší signalizace epigamních znaků je vyvážená určitým hendikepem – v tomto případě sníženou imunitní odpovědí (Zahavi, 1975). Hypotéza imunokompetenčního hendikepu zároveň

předpokládá, že není možné v signalizaci podvádět, neboť by méně kvalitní jedinci riskovali vysokou míru parazitace.

Testosteron má zjevný vliv na imunitní systém, na což poukazuje řada studií. Supresivní efekt androgenů je patrný již jen při pohledu na rozdíly mezi pohlavími, samci jsou zpravidla náchylnější k infekčním chorobám, samice oproti tomu trpí více autoimunitními onemocněními (Lockshin, 2006). U člověka v prvním půlroce života převažuje míra přežití u žen, neboť muži jsou náchylnější k virovým respiračním onemocněním a infekcím spojených se *Staphylococcus aureus*. Ukazuje se, že je to způsobeno nižší aktivitou dendritických buněk, zejména v důsledku nárůstu androgenů v brzkém dětství u mužů (Wang *et al.*, 2012). Při experimentálním zvýšení hladiny testosteronu ve vejcích střízlíka zahradního (*Troglodytes aedon*) měla narozená mláďata nižší kožní imunitní reakce na patogeny, nežli mláďata z vajec experimentálně netknutých (Clairardin *et al.*, 2011). U myši bylo zjištěno, že kastrování prepubertální samci jsou méně náchylní k infekčním onemocněním, naopak samice injikované testosteronem jsou odolnější proti autoimunitním chorobám, typu lupus (Roubinian *et al.*, 1977, 1978).

Testosteron zřejmě má určitý supresivní účinek na vrozenou i adaptivní imunitu, zejména pak na klíčové buněčné komponenty (Trigunaite, Dimo & Jørgensen, 2015). Nejen, že negativně ovlivňuje velikost brzlíku (Grossman, 1985) a dalších lymfatických tkání (Weinstein *et al.*, 1984), ale také se jeho vliv ukazuje například ve sníženém počtu T-lymfocytů, neboť by v nich testosteron mohl zvyšovat míru apoptózy (McMurray *et al.*, 2001). Není sice jisté, zdali se liší počty B-lymfocytů v důsledku vlivu testosteronu, tvorba protilátek je však pod vlivem tohoto androgenu snížena (Kanda *et al.*, 1996). Také se ukazuje, že testosteron má inhibiční vliv na funkci neutrofilů – tvorbu reaktivních radikálů kyslíku (Marin *et al.*, 2010). Výsledky testující samotnou hypotézu imunokompetenčního hendikepu se však ve výsledcích liší. Zároveň se ale nemusí jednat pouze o to, že testosteron je imunosupresivní, ale může mít také vliv na chování samců, v jehož důsledku se s větší pravděpodobností nakazí (Klein, 2000). Hypotéza imunokompetenčního hendikepu byla podpořena ve studiích prováděných na ptácích, rybách a zejména na plazech. Například u ještěrky obecné (*Lacerta agilis*) docházelo v důsledku expozice testosteronem u samců ke snížení váhy, větší mobilitě, která vedla také k vyššímu reprodukčnímu úspěchu a k vyšší míře napadení ektoparazity oproti

kontrolním jedincům (Olsson *et al.*, 2000). Podporu hypotézy poskytuje také studie prováděná na koljuškách tříostných (*Gasterosteus aculeatus*), kdy byl samcům do organismu vpraven prekurzor jejich nejvýznačnějšího androgenu 11-ketotestosteronu. Výsledky poukazují, že experimentálně upravení samci měli více ornamentů, ale měli sníženou vrozenou imunitu (Kurtz *et al.*, 2007). Avšak další výzkum na na leguáncích (*Sceloporus jarrovi*) poukazuje na to, že testosteron může mít odlišný vliv na různé parazity. U ektoparazitů dochází sice ke zvýšení napadení v souvislosti s vyšší hladinou testosteronu, avšak u endoparazitů byl vztah negativní či žádný (Fuxjager *et al.*, 2011). U vlaštovek obecných (*Hirundo rustica*) bylo zjištěno, že samci s implantovaným testosteronem mají delší ocasní pera, nižší míru protilátek a také nižší výskyt ektoparazitů, tedy jejich šance na přežití do další sezóny je vyšší oproti samcům s kratším ocasním peřím (Saino *et al.*, 1995). Ve studii Buchanana *et al.* (2003) bylo zjištěno, že samci vrabce domácího (*Passer domesticus*) se zvýšeným testosteronem mají méně protilátek, nežli kontrolní jedinci; jiný efekt na imunitní funkce však nebyl prokázán. Další z výzkumů na stejném druhu však ukázal, že testosteron neovlivnil imunitní reakci na injikovaný phytohaemagglutinin (lecitin ze semen fazole zahradní), nýbrž šlo o sezónní výkyvy v souvislosti s reprodukčním obdobím (Greenman *et al.*, 2005).

U člověka je většina studií s tematikou hypotézy imunokompetenčního hendikepu zaměřená na jedince s určitým genetickým nebo hormonálním onemocněním, př. terapie testosteronem u pacientů s Klineferterovým syndromem (Kocar *et al.*, 2000). Výzkum Nowaka a kol. (2018) však testuje více komponent imunitního systému po očkování proti chřipce pod vlivem testosteronu. Ukázalo se, že vliv tohoto androgenu u člověka nemusí být tak vysoký – nemá vliv na funkci neutrofilů (oproti výzkumu Marin *et al.*, 2010) a také neměl souvislost s množstvím T- ani B-lymfocytů (Nowak *et al.*, 2018).

Přestože výsledky experimentálních studií poukazují z valné části na to, že testosteron ovlivňuje imunitní funkce, meta-analýza tohoto fenoménu (Roberts *et al.*, 2004) ukazuje na to, že testosteron sám o sobě takový vliv mít nemusí. Efekt testosteronu dle původní hypotézy imunokompetenčního hendikepu se dal pozorovat zejména na studiích prováděných na plazech a pouze v případě ektoparazitů. Zároveň také bylo z analýzy zjištěno, že samci s experimentálně zvýšeným testosteronem mají dokonce více leukocytů. Přestože však v části experimentálních studií se vliv testosteronu na imunitní

funkce ukazuje, v meta-analýze, která zpracovávala i korelační studie, se signifikantní souvislost neukázala (Foo *et al.*, 2017).

Testosteron tedy nemusí být sám o sobě činitelem, který je přímou spojnicí mezi imunokompetencí, signalizací kvalitních sekundárních pohlavních znaků a zároveň způsobující imunosupresi. Vliv mohou mít také stresové hormony – kortikosteron (u člověka zejména kortizol), ke změně jejichž hladin v organismu může docházet v souvislosti se změnami v hladinách testosteronu, na což bylo poukázáno ve studii prováděné opět u vrabce domácího (*Passer domesticus*) (Evans, Goldsmith, & Norris, 2000). S obdobným tvrzením přichází také Møller (1995), dle něj vztah mezi sekundárními pohlavními znaky, parazity a imunitní odpovědí ovlivňují glukokortikoidy.

2.2.2. HYPOTÉZA IMUNOKOMPETENČNÍHO HENDIKEPU SPOJENÁ SE STRESEM

Přestože přesný mechanismus ovlivnění imunitního systému testosteronem a kortizolem (příp. kortikosteronem) není znám, předpokládá se, že oba hormony budou mít vliv na volbu partnera. U člověka byla tato hypotéza studována na základě hodnocení atraktivity tváří. V jedné ze studií byly sestaveny skupiny mužů, kteří měli vysoký či nízký testosteron a vysoký či nízký kortizol, poté byly vytvořeny kompozitní snímky kombinací hladin obou hormonů. Ženy signifikantně preferovaly tváře mužů s nízkým kortizolem, u testosteronu se žádné preference neukázaly (Moore *et al.*, 2011a). Tato studie byla následně zreplikována za použití jiných vzorků, ve které se opět potvrdila preference pro tváře mužů s nízkým kortizolem, což poukazuje na to, že vnímanou atraktivitu u člověka mohou modulovat také glukokortikoidy, nejen androgeny, jež jsou spojovány s maskulinitou a dominancí (Moore *et al.*, 2011b).

Přímou souvislost mezi imunitním systémem, atraktivitou lidské tváře a výše uvedenými hormony, ukazuje studie Rantaly a kol. (2012). Po očkování proti hepatitidě B byl sledován nárůst protilátek v organismu, testosteron pozitivně koreloval s imunitní reakcí a testosteron i hodnocená atraktivita tváře byla vyšší u mužů s nízkým kortizolem. Testosteron tak zřejmě není přímým imunosupresivním činitelem, ale působí nepřímo přes zvýšení stresových hormonů. Navíc testosteron sám o sobě může naopak působit jako zesilovač imunitního systému, protože jedinci s vyšší hladinou

testosteronu mají lepší přístup ke zdrojům, díky své dominanci, a mohou tak být v důsledku toho v lepší kondici (Evans, Goldsmith, & Norris, 2000).

V experimentální studii prováděné na zebříčkách (*Taeniopygia guttata*) se ukázalo, že jedinci s vysokým testosteronem a kortikosteronem mají nejvyšší protilátkovou odpověď na injikovaný patogen (Roberts *et al.*, 2007). Avšak není jisté, jestli k takové reakci dochází i ve volné přírodě, neboť experimentální zvýšení testosteronu u jedinců s nízkými hodnotami tohoto androgenu, může být stresující a dochází tak k nárůstu kortikosteronu. Naopak bylo poukázáno na to, že například u potkanů zvýšený kortikosteron snižuje hladiny testosteronu (Sankar *et al.*, 2000).

Většina studií, které testují imunokompetenci v souvislosti s glukokortikoidy a/nebo hodnocením atraktivity, jsou založené na hodnocení tváří či těla – zejména symetrie. Řada studií ale poukazuje i na důležitost čichu v mezilidské komunikaci (Havlicek *et al.*, 2008), lze tedy předpokládat, že tělesný pach může být také velmi podstatný v rámci reprodukce u člověka, potažmo výběru partnera s efektivním imunitním systémem.

2.2.3. TĚLESNÝ PACH A IMUNOKOMPETENCE

Chemické sloučeniny vylučované organismem jsou nositelem důležitých informací o daném jedinci (viz kapitola 3.). Feromony mnoha živočišných druhů by tak mohly sloužit také jako ukazatele imunokompetence. Dostupné studie, které však testují vliv feromonů na pohlavní výběr v souvislosti s efektivitou imunitního systému, jsou prováděné pouze na hmyzu, zejména na potměníku moučném (*Tenebrio molitor*) (Rantala *et al.*, 2002; Rantala, Vainikka & Kortet, 2003). Imunitní systém hmyzu je však odlišný od imunitního systému obratlovců, respektive chybí zde úplně adaptivní složka imunitního systému a jejich obrana sestává zejména z enkapsulace, nodulace, fagocytózy, koagulace nebo fenoloxidázové kaskády – melanizace (González-Santoyo & Córdoba-Aguilar, 2012). U obratlovců byl v souvislosti s tělesným pachem testován spíše aktuální zdravotní stav – výběr zdravého či parazitovaného potenciálního partnera – nikoliv však imunokompetence.

U člověka je tělesný pach také jedním z markerů zdravotního stavu, a zřejmě i imunokompetence. Zejména pro ženy je v kontextu pohlavního výběru důležitý tělesný pach protějšku (Herz & Cahill, 1997), oproti mužům, kteří naopak preferují

spíše vizuální stimuly (Havlicek *et al.*, 2008). Sensitivita žen k olfaktorickým informacím může být částečně adaptivním krokem při výběru partnera, neboť tvorba samičích gamet, energetické náklady v těhotenství a na kojení jsou mnohem vyšší, nežli jsou celkové náklady samců vložené do rozmnožování (Trivers, 1972). Vyšší citlivost čichu u žen se však nevztahuje pouze na lidské pachy, nýbrž se ukazuje i v jiných kontextech – u květin, parfémů apod. (Havlicek *et al.*, 2008). Zároveň je také nutné poznamenat, že pohlavní výběr u člověka není jednostranný, vzhledem k vysokým investicím – zejména do rodičovské péče – u obou pohlaví.

Předmětem této diplomové práce je tedy testování možné souvislosti mezi reaktivitou imunitního systému – složkou celkové imunokompetence – a kvalitou tělesného pachu. Jedná se tak o první studii, která testuje olfaktorickou komunikaci ve vztahu k humorální odpovědi imunitního systému. Evidence z výzkumu by mohla přispět k objasnění, zdali tělesný pach může být použit jako vodítko k imunokompetenci u člověka.

3. TĚLESNÝ PACH A FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ JEHO KVALITU

Celá řada živočichů, včetně člověka, produkuje specifický tělesný pach, který může poskytovat množství informací o konkrétním jedinci. U člověka je individuální pach do jisté míry stálý – geneticky podmíněný (Schaal & Porter, 1991; Penn *et al.*, 2007), avšak mohou ho ovlivňovat mnohé faktory, například menstruační cyklus (Singh & Bronstad 2001), emocionální stav (Ackerl *et al.*, 2002), strava (Zuniga *et al.*, 2017) či zdravotní stav (Moshkin *et al.*, 2012).

Tělesný pach u člověka vzniká sekrecí pachových látek z apokrinních, ekrinních a mazových žláz na povrch kůže. Poslední zmíněné - mazové žlázy pokrývají ve značném množství celé tělo kromě dlaní a chodidel, přičemž jejich funkce spočívá v tvoření mazu, který je tvořen směsicí triglyceridů, mastných kyselin, cholesterolu, skvalenu apod. (Pappas, 2009). Ten zabraňuje vysoušení pokožky a zajišťuje její ochranu před vnějšími vlivy. Mazové žlázy jsou alveolárního a holokrinního typu (tj. buňky cestují do středové části váčku a pozvolna se přeměňují v maz) a jsou vázány na vlasový folikul, s kterým tvoří funkční jednotku (Zouboulis, 2004). Jejich produkce je řízena endokrinně, zejména androgeny a hormony hypofýzy (Thody & Shuster, 1989), ale také neuronálně, například v případě hospodaření s vodou, kdy zvýšená produkce mazu přispívá k nižší míře evaporace (Guertin, 2016). Společně s produkty ekrinních žláz vytváří ochrannou lipidovou vrstvu na povrchu kůže (Shelmire, 1959). Jejich počet je během života stálý, avšak s věkem se mění jejich velikost a produkce, jež je ovlivňována především právě androgeny (Zouboulis, 2004; Pochi *et al.*, 1979).

Ekrinní žlázy se vyskytují po celém těle, avšak v nejvyšší hustotě se nacházejí na dlaních, chodidlech, čele a zádech; jejich hlavní funkcí je ochlazování organismu při vyšších teplotách či při zvýšené fyzické aktivitě. Jedná se o jednoduché stočené tubulózní žlázy, které jsou uloženy v dermis a jejich ústí se nachází na povrchu pokožky. Nejsou vázány na vlasový folikul a inervovány jsou nervovými vlákny sympatiku (Cui & Schlessinger, 2015). Produkovaný sekret se skládá převážně z vody, chloridu sodného a dalších elektrolytů (Hurley, 2001). Na povrch těla jsou v potu také vylučované protilátky třídy IgA (Okada *et al.*, 1988) a antimikrobiální peptidy, např. dermicin (Schitteck *et al.*, 2001), které napomáhají lokální imunitě. Mimo nutnosti termoregulace jsou ekrinní žlázy stimulovány také emocionálním stavem jedince –

například při stresu, nervozitě a hněvu se jejich produkce zvyšuje v řádu několika sekund pod vlivem sympatiku (Stattkus, 2006). Svou produkcí také poskytují vhodné prostředí pro kožní mikrobiom. Počet a aktivita ekrinních žláz se během života významně nemění (Wilke *et al.*, 2007), avšak u mužů v dospívání o něco narůstá jejich produkce (Rees & Shuster, 1981).

Apokrinní žlázy se oproti předchozím vyskytují pouze na některých místech na těle – v axille, na prsních bradavkách (Montgomeryho žlázy), na očních víčkách (Molloyovy žlázy), ve vnějším zvukovodu a v oblasti genitálií, včetně perinea. Jedná se o tubulární žlázy, u nichž při sekreci dochází k odlučování apikálních částí buněk, které se stávají součástí sekretu. Jsou vázány na vlasový folikul a své ústí mají nad vývodem mazových žláz (Charles, 1959). Produkují sekret bohatý na karboxylové kyseliny a další organické látky, které jsou významné právě při tvorbě tělesného pachu. Jejich vývoj a produkce jsou závislé na pohlavních hormonech, apokrinní žlázy začínají být aktivní až v pubertě. Liší se mezi pohlavími svou velikostí, u mužů bývají zpravidla větší, ale v některých případech jich mohou mít ženy více (Doty, 1981). Zároveň u žen jejich aktivita po menopauze klesá, s čímž také souvisí jejich zmenšování, degenerace. Produkce apokrinních žláz se liší i v průběhu menstruačního cyklu, přičemž u mužů k žádným takovým změnám nedochází (Groscurth, 2002; Shelley & Hurley, 1952). Obdobně jako ekrinní žlázy jsou také aktivovány emocionálními stimuly, například strachem nebo sexuální vzrušením (Kuno, 1956; Stattkus, 2006; Pause *et al.*, 2012).

Mimo tři již jmenované kožní žlázy, byl nalezen ještě další typ potních žláz - apoekrinní. Mají charakteristiky apokrinních, stejně tak ekrinních žláz, proto byly vyčleněny do vlastní kategorie. Nachází se v nejvyšších hustotách v axile a v oblasti genitálií, přičemž se vyvíjejí až v průběhu puberty z ekrinních žláz (Sato, Leidal, & Sato, 1987).

Kožní žlázy v oblasti podpaží jsou hlavním zdrojem individuálního tělesného pachu u člověka. Axilla se tak považuje za nejdůležitější oblast v kontextu mezilidské chemické komunikace (Weller, 1998). Avšak žlázami vylučované látky jsou primárně bez zápachu a až v důsledku jejich metabolické přeměny kožní mikroflórou získávají charakterický pach (Shelley *et al.*, 1953; Leyden *et al.*, 1981). Toto mikrobiální společenstvo se skládá zejména z grampozitivních bakterií rodů *Corynebacterium*,

Propionibacterium, *Staphylococcus*, *Micrococcus* a kvasinek rodu *Malassezia*. Jejich zastoupení a hustota se liší mezi pohlavími – muži mají tradičně intenzivnější a silnější pach, neboť je u nich nalézána zpravidla vyšší hustota korynobakterií a u žen jsou naopak více dominantní mikrokoky (Jackman & Noble, 1983). Podobné změny jsou zaznamenatelné také v průběhu dospívání. Z dětského zastoupení převážně stafylokoků, které jsou spojovány spíše se slabším pachem, začínají v pubertě axillární oblast invadovat výše zmíněné korynobakterie a propionibakterie (Cogen *et al.*, 2008). Zastoupení dílčích rodů kožní mikroflóry také může kolísat v čase, a to i v průběhu ročních období. Složení mikrobiálního společenstva je tedy značně individuální a podléhá mnohým výše uvedeným faktorům (Leyden *et al.*, 1981).

Mezi organické látky, které jsou kožním mikrobiomem přeměňovány z bezpachých sloučenin na pachové, patří zejména mastné karboxylové kyseliny (VFA) a steroidy. Ze studií provádějících chemickou analýzu pomocí plynové chromatografie vyplývá, že jedny

z nejdůležitější ve formování tělesného pachu jsou mastné karboxylové kyseliny s krátkými až středně dlouhými uhlíkatými řetězci C₂-C₁₀ (Zeng *et al.*, 1991). Jmenovitě se jedná převážně o 3-methyl-2-hexenovou kyselinu a chemicky obdobnou 3-hydroxy-3-metyl-hexenovou kyselinu. Avšak v axilárním potu se vyskytují také další kyseliny - izomáselná, izovalerová, propionová a 2-methylmáselná (James *at al.*, 2004). Tyto látky jsou kovaletně vázány ke glutaminu, s kterým jsou přenášeny na povrch kůže a zde štěpeny bakteriemi převážně z rodu *Corynebacterium* (Natsch *et al.*, 2003). Z látek steroidní povahy, které utvářejí tělesný pach, jsou nejvíce známé 16-androsteny. Konkrétně se jedná hlavně o androstenon, androstenol a androstadienon. Percepčně jsou zaznamenatelné jako pižmovité, až močovitě. Tyto sloučeniny byly dříve, s nejvyšší pravděpodobností mylně, považovány za lidské feromony a jejich efekt byl v minulých desetiletí spíše nadhodnocován (Wyatt, 2015). Zároveň prekurzory těchto pachových látek – zejména 16-androstenon není schopna mikroflóra ve většině případů metabolizovat (Austin & Ellis, 2003). Mimo mastných karboxylových kyselin a látek steroidní povahy, jsou důležitou složkou utvářející tělesný pach také sulfanylalkanoly. Nejvýznamnější je zřejmě 3-sulfanylhexan-1-ol, který v závislosti na jeho chiralitě, má charakteristický pach cibule nebo ovoce (Troccaz *et al.*, 2004; Natsch *et al.*, 2004).

Zároveň je tělesný pach závislý také na věku, neboť u starších lidí narůstá koncentrace nonenalu (Haze *et al.*, 2001) a nonanal (Gallagher *et al.*, 2008). Tyto sloučeniny se pravděpodobně podílejí na změnách v čichovém vnímání starých lidí, kteří bývají spolehlivě rozeznáváni od mladších skupin pouze na základě olfaktorické diskriminace (Mitro *et al.*, 2012).

Tělesný pach u člověka vzniká díky komplexní interakci kožních žláz a jejich sekreci, která je následně metabolizována kožní mikroflórou. Avšak kvalitativní i kvantitativní rozdíly v produkovaných sloučeninách a změny ve skladbě mikroflóry jsou ovlivněné řadou genetických i enviromentálních faktorů, které mají ve výsledku vliv na vnímanou kvalitu tělesného pachu.

3.1. GENETICKÉ FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ TĚLESNÝ PACH

Pachový podpis, jak jinak nazýváme charakteristický tělesný pach, je pro každého individuální a poskytuje značné množství informací o daném jedinci. Celá řada těchto „vodítek“ individuality je geneticky dána a zároveň tak udržuje konstantní stabilitu tělesného pachu.

Jeden z hlavních faktorů ovlivňujících tělesný pach, který je geneticky podmíněný, je pohlaví. Celá řada studií poukazuje na to, že ženy a muži jsou odlišně cítit, jsou odlišně hodnoceni. Olfaktorické rozlišování na základě triček neznámých jedinců potvrdilo schopnost rozeznávat mezi jednotlivými pohlavími; pach mužů byl hodnocen jako více pižmovitý a ženský spíše jako sladký (Russell, 1976). Obdobné výsledky potvrdily další studie, například i mezikulturně (Schleid *et al.*, 1981), kdy mužský pach byl hodnocen jako méně příjemný. Hodnocení příjemnosti zároveň negativně koreluje s intenzitou, která u mužů bývá významně vyšší (Doty *et al.*, 1978). Tyto rozdíly jsou také podpořeny rozdílnou mikroflórou v axilární oblasti, jak již bylo zmíněno výše.

Genetické faktory ovlivňující tělesný pach se však neomezují pouze na pohlaví, ale zejména se soustřeďují na příbuzenství a podobnosti monozygotních dvojčat. Monozygotická dvojčata byla rozeznávána od nepříbuzných jedinců spolehlivě nejenom psím čichem (Settle *et al.*, 1994; Pinc *et al.*, 2011), ale také lidé je byli schopni k sobě přiřazovat s obdobnou úspěšností jako duplikovaný vzorek od jednoho jedince (Roberts *et al.*, 2005). Zároveň monozygotická dvojčata hodnocena lidmi žila odděleně, aby se

mohla vyloučit podoba tělesného pachu na základě stejných stravovacích návyků. Taktéž z chemických analýz vyplývá, že vylučované sloučeniny, zejména mastné karboxylové kyseliny, mají u monozygotních dvojčat velmi podobné koncentrace prekurzorů (Kuhn & Nasch, 2009).

Podobnost tělesného pachu však neexistuje pouze u jednovaječných dvojčat, ale také obecně

u blízce příbuzných. Řada studií poukazuje na to, že v rámci rodiny jsou jedinci schopni se vzájemně rozeznávat, například matky a sourozenci s vysokou pravděpodobností rozeznávali své dítě/sourozence od vzorků tělesného pachu nepříbuzných jedinců (Porter and Moore, 1981). Stejně tak sourozenci, kteří od sebe žili odděleni - tudíž byl eliminován možný efekt stejné stravy – se byli schopni na základě tělesného pachu vzájemně poznat oproti nepříbuznému jedinci ve stejném věku (Porter *et al.*, 1986). U nepříbuzných blízkých jedinců, jako jsou například manželé, nebyl tento výsledek nalezen (Porter *et al.*, 1985). Rozeznávání vlastních příbuzných na základě olfaktorických vodítek by mohlo být výhodné z hlediska zamezení inbreedingu (Weisfeld *et al.*, 2003) a z pohledu příbuzenského altruismu.

Člověk je schopen nejen rozeznávání rodinných příslušníků, ale také dokáže vybrat vzorek svého vlastního tělesného pachu mezi ostatními vzorky (Russell, 1976; Hold & Schleidt 1977). Navíc jsme schopni naučit se rozeznávat tělesný pach partnera v důsledku vzájemné blízkosti (př. Schleidt, 1980), úspěšnost se zdá však nižší, než u rozpoznávání příbuzných (Porter *et al.*, 1985). Přestože jsme tedy schopni naučit se olfaktoricky rozeznávat i nepříbuzné blízké jedince, vyhledávání genetické podobnosti u rodinných příslušníků se jeví jako evolučně adaptivnější z výše uvedených důvodů.

Mnoho studií také poukazuje na to, že jsme schopni čichem zaznamenat variabilitu v genech hlavního histokompatibilního komplexu (MHC), u lidí jinak označovaného jako HLA. Tento komplex má významnou roli v imunitních reakcích jako hlavní antigenní systém, neboť se podílí na prezentaci peptidů z nitra buňky, které jsou buď rozeznávány jako vlastní, nebo naopak náležící cizorodému antigenu. Díky této schopnosti MHC I prezentace antigenních peptidů je posléze schopen imunitní systém náležitě zareagovat prostřednictvím T-lymfocytů (Trowsdale, 2011). Zastoupení alel hlavního histokompatibilního komplexu je tedy zodpovědné za to, zdali bude zrovna daný antigen rozpoznán, proto je diverzita v rámci MHC v populaci velmi žádoucí. Tato

variabilita však nemůže být vysvětlena pouze jako náhodný fenomén, který byl schopen se samovolně vyvinout až do takto vysoké úrovně polymorfismu (Havlíček & Roberts, 2009). Variabilitu v MHC je možné vysvětlit výhodou heterozygotních jedinců, která je dána kodominantní dědičností, tj. proteinové produkty obou typů alel jsou exkrimovány stejnocenně (Hedrick, 2002). Tito jedinci tak mají více typů funkčních receptorů, schopných prezentace většího spektra antigenních peptidů. Této hypotéze odpovídá řada studií, které byly prováděny zejména na hlodavcích, v nichž se ukazuje preference pro jedince s odlišným typem MHC (Yamazaki *et al.*, 1976, 1979; Penn, 2002). Nemusí se však jednat pouze o cílené předávání výhodných genetických predispozic MHC potomstvu, ale také o zabránění inbreedingu – jedinec s odlišnými geny nebude příbuzný (Potts *et al.*, 1994). Také v části studií prováděných na lidech byla nalezena preference pro jedince s odlišným MHC na základě čichu, a to u žen neužívajících antikoncepci, i u mužů (Wedekind *et al.*, 1995, Wedeking & Füre, 1997). Proti tomu stojí část prací, v kterých nebyla tato preference jednoznačně nalezena (Jacob *et al.*, 2002; Santos *et al.*, 2005; Probst *et al.*, 2017), avšak ukázalo se například, že nezadané ženy preferují muže se stejným a zadané ženy s odlišným MHC (Roberts *et al.*, 2008). Toto zjištění může poukazovat na snahu získat kvalitní genetickou výbavou pro potomstvo při mimopárových svazcích. Dále se ukazuje, že lidé s obdobným MHC preferují také stejné složky parfému (Milinski & Wedekind, 2001; Hämmerli, Schweisgut & Kaegi, 2012), což by mohlo souviset s tendencí doplňovat a zesilovat charakteristiky vlastního tělesné pachu s pomocí parfémů (Lenochová *et al.*, 2012; Allen, Havlíček, & Roberts, 2015).

Metanalýza, které se zabývala rolí MHC při pohlavním výběru, ukazuje, že napříč taxony od ryb až po savce – mimo člověka – existuje zejména u samic mírná preference pro diverzitu v MHC, resp. patrně snaha o zvýšení heterozygotnosti u potomků. Efekt nepodobnosti MHC při výběru partnera se však ukazuje jako velmi malý (Kamiya *et al.*, 2014). U člověka a primátů se ukazuje obdobný trend, tedy preference pro diverzitu v MHC u potenciálního partnera - efekt heterozygotnosti, nikoliv však pro MHC nepodobnost, kde byl výsledek metanalýzy nesignifikantní; navíc nebyl zjištěn ani vliv hormonální antikoncepce na preference v MHC (Winternitz *et al.*, 2017). Odlišný typ MHC tak nemusí být spojený s preferencí k partnerovi, nýbrž se může jednat spíše o snahu nalézt jedince s diverzifikovanějšími alelami hlavního histokompatibilního komplexu.

Dalším známým genem, který ovlivňuje kvalitu tělesného pachu, je ABCC11. Tento gen je exprimován mimo jiné také v axilárních kožních žlázách. Má vliv na odlišnou intenzitu pachu v rámci etnik, pouze v důsledku jedno-nukleotidového polymorfismu. V Asii je běžná záměna 538G → A v rámci tohoto genu, díky čemuž zde lidé téměř ztrácejí výrazný axilární pach, neboť jsou u nich redukovány vylučované pachové prekurzory. Zřejmě v důsledku pohlavního výběru je pak v Asii ztrácena nadále alela G, spojována naopak s etniky v Africe, které mají velmi intenzivní a méně příjemný tělesný pach, či v Evropě (Martin *et al.*, 2010). Zároveň je také alela G spojována s vyšší incidencí vzniku osmidrózy – tj. nadměrné potivosti spojené s nepříjemným pachem (Ren *et al.*, 2017).

Individualita a stabilita tělesného pachu, která je udána v základu právě genetickými faktory, je podpořena také studií Penn *et al.* (2007). Z chemické analýzy prováděné plynovou chromatografií byla nalezena řada sloučenin přítomných vždy konzistentně u daného jedince po několik sběrů, kdy výzkum probíhal. Toto zjištění potvrzuje, že tělesný pach je u každého člověka obdobně specifický jako otisk prstů.

3.2. ENVIROMENTÁLNÍ FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ TĚLESNÝ PACH

Mimo geny kvalitu tělesného pachu ovlivňuje další spektrum faktorů. Ty bývají značně variabilní a proměnlivé v čase. Avšak jejich vliv se často nedá úplně oddělit od faktorů genetických; vzájemné interakce v plném rozsahu nejsou známy. Například vliv stravy je považován za jeden z nejvyšších, neboť cvičení psi byli schopni rozlišit jednovaječná dvojčata stravující se různě, avšak nikoliv pokud měli stejnou stravu (Hepper, 1988). Genetické faktory tak mohou být významně ovlivňovány těmi enviromentálními.

3.2.1. STRAVA

Prvním významným faktorem, který ovlivňuje tělesný pach je strava. Ten může být zaznamatelný nejen z dechu po zkonsumování určité potraviny, ale také se může odrazit ve kvalitě axilárního pachu po metabolickém zpracování. Například zvýšená konzumace červeného masa negativně ovlivňuje hodnocenou atraktivitu a příjemnost vzorků tělesného pachu (Havlíček, & Lenochová, 2006). Naopak u česneku, přestože z dechu většinou není hodnocen pozitivně, při odebrání vzorku z podpaží, je tělesný pach člověka po jeho konzumaci hodnocen jako příjemnější (Fialová, Roberts & Havlíček, 2016).

Studie Zuniga a kol. (2017) poukazuje na další vliv stravy na příjemnost tělesného pachu, u jedinců, kteří měli vyšší příjem ovoce a zeleniny (tj. zvýšený přísun karotenoidů, měřeno spektrofotometrem na kůži) byl tělesný pach hodnocen jako příjemnější. Zároveň maso, vejce a tofu byly také spojeny s vyšším hodnocením příjemnosti, oproti sacharidům, které naopak byly hodnoceny více negativně (Zuniga *et al.*, 2017). Nesourodost ve výsledcích ohledně konzumace masa může být dána množstvím, které měli účastníci sníst – Havlíček a Lenochová (2006) podávali určitý příděl masa, jenž byl vyšší, nežli ve studii Zuniga a kol. (2017), kde naopak nebyl příjem experimentálně zvyšován, jen zaznamenáván do dotazníku. Konzumace masa tak může mít spíše vliv na tělesný pach v závislosti na dávce, která je ve stravě přijímána.

Stravovací návyky mohou v kontextu pohlavního výběru odkazovat na přístup jedince ke kvalitním zdrojům. Můžeme předpokládat tedy, že jedinci s kvalitnějšími stravovacími návyky, by měli být preferováni, oproti těm, kteří přijímají méně výživné jídlo.

3.2.2. REPRODUKČNÍ STAV

V tělesném pachu se také zřejmě odráží reprodukční stav, který souvisí s hormonálními změnami. Přestože výsledky v této oblasti nejsou konzistentní, ukazuje se, že vzorky tělesného pachu žen v průběhu fertilního období – zejména ovulace – jsou hodnoceny muži jako přitažlivější a příjemnější (Singh & Bronstad 2001; Havlíček *et al.*, 2006, Haselton & Gindersleeve, 2016). Zároveň to nejsou jediné hormonální změny, které jsou zaznamenatelné čichem, neboť v pubertě, kdy se aktivují apokrinní žlázy, díky nárůstu hladin pohlavních hormonů, se významně mění tělesný pach na výraznější. Ke změně u žen dochází také po menopauze, kdy jejich pach byl hodnocen podobně jako ten mužský (Chen & Haviland-Jones, 1999). Hormonální změny v průběhu těhotenství a jejich následný efekt na tělesný pach mohou mít také vliv na podporu rodičovské péče a ochranu ze strany otce. Například vzorky tělesného pachu žen v druhém trimestru byly hodnoceny muži jako nejpříjemnější (Lenochová & Havlíček, 2011).

3.2.3. EMOCIONÁLNÍ STAV

Mimo hormonální změny a stravu se v tělesném pachu může odrážet také emocionální stav. Studie Ackerl *et al.* (2002) poukázala na to, že lidé jsou schopni zaznamenat

z odebraných vzorků pachu strach a úzkost po sledování hororových filmů. Obdobných výsledků dosáhl také další výzkum, kdy účastníci studie sledovali komedie a hororové filmy, při kterých jim byl opět odebírán tělesný pach. Hodnotitelé posléze rozřazovali pachy poměrně úspěšně dle toho, zdali se jim zdají odebírané pod vlivem strachu či radosti. V této studii se také ukazuje, že ženy jsou pravděpodobně více vnímavé k emocionálně podbarveným stimulům, neboť byly v diskriminaci úspěšnější (Chen, Haviland-Jones 2000). Zároveň také tělesný pach odebírán při stresové situaci, resp. při čekání na zkoušku, aktivoval u hodnotících mozková centra spojená s empatií – fusiformní gyrus, insulu, cingulární kůru (Prehn-Kristensen *et al.*, 2009).

Ukazuje se také, že emoční stav může být přenášen z jedince, od kterého byly sbírány vzorky tělesné vůně po sledování videí evokujících strach či znechucení (disgust), a mezi jedincem čichajícím tyto vzorky. U vzorků po sledování strachových videí byl u hodnotitelů zaznamenán výraz podobný vyděšení a u vzorků po sledování znechucujících videí naopak spíše výrazy znechucení. Tyto výsledky naznačují, že se emoční vylazení může skrz olfaktorickou komunikaci přenášet (de Groot *et al.*, 2012). Ve studii, která zaznamenávala úlekové reakce - mrknutí očních víček, se tato míra zvýšila při čichání tělesného pachu sbíraného před stresující zkouškou, oproti sběru po fyzické námaze. Úleková reakce při čichání tělesného pachu spojeným s úzkostí či stresem může působit jako příprava organismu na případné nebezpečí (Prehn *et al.*, 2006). Také reakce na tělesný pach spojený s úzkostí zvyšoval úlekovou reakci více u sociálně úzkostnějších jedinců (Adolph, Meister a & Pause, 2013; Pause *et al.*, 2010). Přenos emočního vylazení, především strachu, byl zesílen, pokud jedinec byl vystaven strachovému tělesnému pachu a zároveň hororovému snímku. Při multimodální percepci tak došlo k vyšší expresivitě strachu. (de Groot *et al.*, 2014b).

Z výše uvedených výsledků je tedy patrné, že v tělesném pachu je možné zaznamenat emocionální stav, zejména podvědomě a přenosem vylazení, přičemž je zesilován, pokud je k pachu přičleněn kontext.

3.2.4. ZDRAVOTNÍ STAV

Dalším významným faktorem, který má vliv na kvalitu tělesného pachu je aktuální zdravotní stav. U sociálně žijících druhů můžeme předpokládat existenci percepční

adaptace k markerům zdravotního stavu, neboť jsou parazitární nákazou ohroženi více než organismy solitérní (Altizer *et al.*, 2003). Jako vodítka zdraví mohou sloužit sekundární pohlavní znaky, které jsou více rozvinuté v případě, že je jedinec zdravý a nemusí energii vkládat do boje s parazity (Hamilton & Zuk, 1982; Grafen 1990). Kvalita těchto znaků může být vnímána konspicivními jedinci jednak vizuálně, auditorně či také olfaktoricky. Tělesný pach v diskriminaci nemocných a zdravých jedinců může být obzvláště účinný, neboť se jedinec receptivní k určitým vodítkům nemusí s nemocným jedincem vůbec setkat. Počínaje očicháváním moči například u hlodavců, až po vstup člověka do místnosti, kde se předtím nacházel jiný člověk – jeho tělesný pach zde zpravidla zůstává. Rozpoznání možného nemocného jedince je výhodné hned z několika důvodů – omezení kontaktu snižuje možnost přenosu patogenu (Able, 1996); v případě výběru partnera také pravděpodobně přispěje preference zdravého jedince k vyšší rezistenci u budoucího potomstva (Hamilton & Zuk, 1982; Zuk *et al.*, 1995) a nakonec také zdravý partner s vyšší pravděpodobností přispěje do rodičovské péče větší investicí nežli ten nemocný (Kirkpatrick & Ryan, 1991).

Ve studiích prováděných na řadě druhů savců se ukazuje snížená preference pro nemocné jedince, včetně averzních reakcí a zvýšené analgesie (např. Kavaliers & Colwell, 1995a, b; Penn & Potts, 1998; Klein *et al.*, 1999; Zala *et al.*, 2004; Arakawa *et al.*, 2010). Behaviorální obranný mechanismus, nejvíce zkoumaný na hlodavcích, funguje na principu neuromodulačních mechanismů, kdy dochází například ke snížení analgesie, která v jiných kontextech bývá součástí stresových, ohrožujících situací (Kavaliers *et al.*, 2000). Jedinec se poté může rozhodnout, také v závislosti na délce expozice podnětu, zdali zvolí aktivní obranu – nejčastěji útěk, nebo pasivní znehybnění. Zároveň však tyto mechanismy s nárůstem opioidních látek v organismu mohou sloužit jako přípravná fáze pro možné nakažení (Sacerdote, Limiroli & Gaspani, 2013). Byť v laboratorních podmínkách mají testovaní jedinci tendenci se vyhýbat tělesnému pachu nemocných, na který jsou sledovány i odpovídající fyziologické reakce, v přirozených podmínkách může být situace odlišná. Ve studii Zala a kol. (2015) bylo zjištěno, že receptivita samic myši (*Mus musculus*) k nemocným samcům nebyla snižena, přestože preference byla vyšší ke zdravým jedincům.

U člověka se tento behaviorální obranný mechanismus zkoumá až v posledních letech, avšak dostupné studie ukazují, že na základě olfaktorických vodítek jsou schopni i lidé

rozeznat jedince aktuálně nemocného kapavkou (Moshkin *et al.*, 2012), či jedince s aktivovanou imunitní odpovědí na bakteriální endotoxin (Olsson *et al.*, 2014). Také se ukazuje, že čichání „nemocného“ tělesného pachu ovlivňuje negativně hodnocení atraktivity tváří (Regenbogen *et al.*, 2017). Olfaktorická vodítka mohou tedy sloužit k podvědomému vyhýbání se nemocným, k modulování nejen mezilidského kontaktu.

Ke změnám tělesného pachu u člověka může docházet v důsledku infekčních chorob z několika důvodů. Může se změnit skladba kožní mikroflóry, což v konečném důsledku může přispět ke změnám samotného tělesného pachu (Penn & Potts, 1998). Jako vedlejší produkt infekce může docházet ke změnám hladiny steroidních hormonů – zejména testosteronu a kortizolu. Pokles testosteronu může souviset s preferenční lokalizací energie do imunitních reakcí, místo sekundárních pohlavních znaků, u kterých ovlivňuje jejich vnímanou kvalitu/atraktivitu (Wedekind & Folstad, 1994). Také často dochází k nárůstu glukokortikoidních stresových hormonů – u člověka kortizolu (př. Reichenberg *et al.* 2001); avšak např. ve studii Moshkin a kol. (2012) ke změnám v hladinách kortizolu nedocházelo. Pouze změnami v hladinách stresových hormonů tak nelze vysvětlit změnu ve vnímání tělesného pachu. V poslední době nejpravděpodobnějším důvodem změny tělesného pachu jsou procesy spojené s aktivováním imunitního systému, neboť k vnímané změně dochází i v případě injekce bakteriálního endotoxinu lipopolysacharidu (LPS) – tedy bez přítomnosti přímého parazita a zároveň bez větších oscilací ve steroidních hormonech (Olsson *et al.*, 2014; Rantala *et al.*, 2006).

Tělesný pach tedy v konci ovlivňuje široké spektrum faktorů, které mohou sloužit jako význačné ukazatele stavu (ať už reprodukčního, emocionálního či zdravotního) a kvality jedince, nejen v kontextu pohlavního výběru. Olfaktorická komunikace u člověka je tak sice většinou podvědomá – například vnímáme příjemnost tělesného pachu daného jedince, ale už si to nespojujeme s například vhodným MHC u potenciálního partnera (Pause, 2012) - nepostrádá však svou důležitost.

4. MATERIÁL A METODIKA

4.1. CÍLE

1. Hlavním cílem mé diplomové práce bylo otestovat souvislost mezi reaktivitou imunitního systému, měřenou prostřednictvím změn v hladinách protilátek, a kvalitou tělesného pachu u mužů. Jako marker reaktivity imunitního systému byly zvoleny třídy protilátek IgG a IgM v reakci na vakcinaci proti hepatitidě A/B a meningokoku, neboť odpověď protilátek je užitečným a využitelným markerem funkce imunitního systému (Burns & Gallagher, 2010). Zároveň byl tento marker reaktivity imunitního systému (protilátky anti-HBs – proti žloutence typu B) využit úspěšně ve studiích zabývajících se atraktivitou tváře (Rantala *et al.*, 2012).
2. Dalším cílem bylo zjistit vliv individuálních rozdílů v hladinách steroidních hormonů – kortizolu a testosteronu. Tyto hormony mohou ovlivňovat reaktivitu imunitního systému (př. Kanda *et al.*, 1996; Rantala *et al.*, 2012) a také mít vliv na kvalitu tělesného pachu. (Rantala *et al.*, 2006; Thornhill *et al.*, 2013).
3. Sekundárně bylo cílem také zjistit, zdali se liší tělesný pach mužů před a po očkování, neboť lze očekávat, že aktivace imunitního systému v důsledku vakcinace, by mohla mít vliv na percepční vnímání tělesného pachu. Očkování by mohlo způsobovat u konspicivních jedinců dojem „nemocnosti“.

4.2. HYPOTÉZY

1. V souvislosti s hlavním cílem studie očekáváme, že tělesný pach jedinců s reaktivnějším imunitním systémem, tedy vyššími hladinami protilátek, bude hodnocen jako atraktivnější. Tito jedinci by mohli vykazovat známky lepší imunokompetence, právě díky vyšší reaktivitě na antigeny. Tělesný pach by mohl být vodítkem, který pomáhá zvolit partnera, jenž vykazuje vyšší znaky imunokompetence.
2. Očekáváme také, že by mohlo docházet ke změnám v hladinách testosteronu a kortizolu v souvislosti s aktivací imunitní odpovědi. Tento trend sice nebyl sledován

ve stavu po vakcinaci, avšak například po aktivaci imunitního systému bakteriálními endotoxiny docházelo k nárůstům hladin kortizolu (Grigoleit *et al.*, 2011). Pokles testosteronu by mohl být zapříčiněn preferenčním investováním energie do imunitní odpovědi (Folstad & Karter, 1992). V protikladu jsou však studie, v kterých při onemocnění či při aktivaci imunitního systému k signifikantním změnám v hladinách testosteronu a kortizolu ovšem nedocházelo (Rantala *et al.*, 2006; Moshkin *et al.*, 2012). Rádi bychom do rozporuplných výsledků předchozích studií vnesli další zjištění o těchto steroidních hormonech.

3. Dále předpokládáme, že jedinci po vakcinaci budou hodnoceni jako méně atraktivní v porovnání se stavem před očkováním. V důsledku aktivace imunitního systému může docházet k percepčním změnám podobných jako u infikovaných jedinců, které jsou u řady druhů savců – včetně člověka – méně preferovány (př. Olsson *et al.*, 2014; Moshkin *et al.*, 2012; Penn & Potts, 1998).

4.3. METODY

Tato diplomová práce, která se zaměřuje na testování souvislosti reaktivity imunitního systému a kvality tělesného pachu, je součástí větší studie, která v této souvislosti zahrnuje dále také vizuální a akustickou modalitu. Sběr vzorků tak nebyl omezen pouze na tělesný pach, ale od našich participantů jsme získávali také fotografie tváře a nahrávky hlasů, vždy před a po očkování. Studie je rozdělena do dvou částí, v první byly získány stimuly a v druhé bylo posléze provedeno jejich hodnocení.

V části orientované na olfaktorickou modalitu, která je hlavním zaměřením této práce, jsme získali vzorky tělesného pachu od mužů před a dva týdny po očkování proti hepatitidě A/B (Twinrix) a meningokoku (Menveo). Participantům byla třikrát odebrána krev pro možnost sledování dynamiky protilátek, testosteronu, kortizolu a také C-reaktivního proteinu (CRP), jakožto markeru akutní fáze zánětlivých procesů. Vzorky tělesného pachu byly posléze ohodnoceny ženami z hlediska atraktivity, intenzity a zdraví. Výsledné hedonické hodnocení bylo následně porovnáno s výsledky laboratorních testů.

Kompletní studie zaměřená na všechny tři modalitity byla ještě před zpracováním dat preregistrována na osf.io. Projekt byl schválen v plném rozsahu etickou komisí Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy v Praze (č. schválení - 2016/20).

4.3.1. SOUBOR OSOB - STIMULY

Dobrovolníci, kteří měli zájem se studie zúčastnit, byli nabíráni prostřednictvím inzerovaných letáčků na nástěnkách univerzity či na internetu. Všichni byli informováni o průběhu studie, aniž by jim byl prozrazen hlavní cíl práce; zároveň měli možnost odstoupit bez udání důvodu kdykoliv během výzkumného procesu. Ještě před zahájením studie všichni podepsali informovaný souhlas, ve kterém byli opětovně seznámeni s průběhem studie.

Přestože cílem bylo získat 30 dárců tělesného pachu, vzhledem k provedené analýze síly testu na základě předchozích studií (př. Moshkin *et al.*, 2012; Regenbogen *et al.*, 2017; Henderson *et al.*, 2017), konečný soubor participantů z logistických důvodů čítal 21 mužů ve věku 18-40 let ($M = 26,2$; $SD = 4,62$). Jednalo se o nekuřáky, neužívající žádnou medikaci, neholící si podpaží a nesměli být alespoň v posledních 10 letech očkovaní proti hepatitidě A/B a meningokoku. Tato hranice očkovanosti byla stanovena na základě doporučených laboratorních kontrol protilátek a/nebo doporučení na zesilovací vakcinační dávku (př. Shepard *et al.*, 2006). Kdyby byly hladiny protilátek vysoké ještě před naší experimentální vakcinací, nebylo by možné smysluplně sledovat míru imunitní odpovědi na očkovací látku.

Participantů byli po absolvování celé studie odměněni částkou 400,- Kč a byla jim uhrazena první očkovací dávka proti hepatitidě A/B (Twinrix) a meningokoku (Menveo). Další doočkování, které je doporučeno pro kompletní imunizaci zejména u hepatitidy, jsme nepožadovali, neboť na to studie už nebyla dále zaměřena. Aplikace zbylých dávek byla už pouze na uvážení participantů, mimo náš dosah.

4.3.2. PRŮBĚH STUDIE - STIMULY

Studie probíhala ve spolupráci se zdravotnickým personálem, s ohledem na procedury zahrnující stanovení anamnézy, očkování a odběry krve. Stanovení anamnézy a vakcinace společně s prvním odběrem krve probíhaly v ordinaci spolupracující lékařky

MUDr. N. Kočnarové, zbylé dva odběry krve byly zajištěny v laboratoři Prevedig, kde byly vzorky rovněž analyzovány.

Každý participant byl jeden až tři dny před vakcinací pozván k nám do laboratoře etologie člověka, kde podepsal nejprve informovaný souhlas a poté vyplnil kratičký anamnestický dotazník (*Příloha A*), který měl zmapovat obecné zdraví a běžné obtíže (např. bolesti hlavy, respirační onemocnění, bolesti zad, nevolnosti, i míru sportovních aktivit). Poté byly pořízeny fotografie jejich tváří za standardizovaných podmínek (Třebický *et al.*, 2016). Vedle fotografování tváře, byla také měřena barva pokožky obličeje spektrofotometrem (Stephen *et al.*, 2011). Nahrávky hlasů byly pořizovány v tiché místnosti za standardizovaných podmínek (viz Šebesta *et al.*, 2017). Využití vizuálních a akustických stimulů je však mimo rozsah této práce. Dále byla provedena tělesná analýza na osobní váze Tanita BC-601, která zobrazuje nejen hmotnost, ale také 5 segmentárních hodnot – pro obě paže, nohy i trup (procento tělesného tuku a svalovou hmotu). Fungování váhy je založeno na odporu vodivosti jednotlivých tkání, tedy metodou bioelektrické impedance přes elektrody, na kterých jedinec bos stojí a drží je v dlaních. Z tělesných kompozic pro nás byl nejdůležitější obsah celkové tukové tkáně, která může působit imunosupresivně (Pawłowski *et al.*, 2017). Výška byla změřena antropometrem, kdy každý participant vždy stál vzpřímeně bez bot zády ke zdi; jako měrný bod sloužil vertex na temeni hlavy. Na závěr byl všem předán experimentální balíček pro odběr tělesného pachu i s písemnými instrukcemi, které byly ještě ústně zopakovány.

V den návštěvy lékaře, byli participanti pozváni na sedmou hodinu ranní do ordinace. Nejprve byli ústně dotázáni na anamnézu, poté proběhl odběr 10 ml venózní krve pro zjištění bazálních hladin protilátek, testosteronu, kortizolu a CRP. Nakonec byli naráz očkovaní proti hepatitidě A/B vakcínou Twinrix a proti meningokoku vakcínou Menveo.

V rozsahu 11 až 13 dní po očkování byli participanti opět pozváni do laboratoře etologie člověka, kde proběhlo opakované vážení, fotografování tváře, měření barvy pokožky, nahrávání hlasu a předání dalšího experimentálního balíčku pro odběr tělesného pachu. Vše probíhalo identicky s prvním měřením, jen již nebyla znovu měřena výška. Jeden až tři dny (přesně 14 dní po očkování) poté participant na sedmou

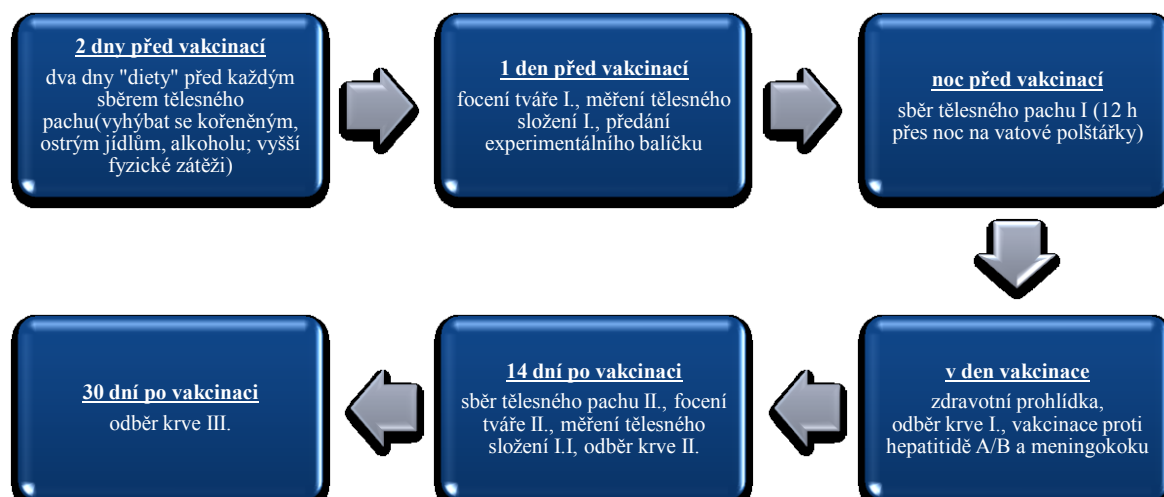
hodinu ranní dorazili do laboratoře Prevedig, kde jim bylo odebráno 10 ml venózní krve pro zjištění hladin protilátek, testosteronu, kortizolu a CRP. Poslední odběr krve pak probíhal 30 dní po vakcinaci opět v laboratoři Prevedig, kde zároveň vyplnili druhý kratičký zdravotní dotazník, abychom zjistili, zdali se objevily například obtíže spojené s očkováním (bolesti po vpichu, zarudnutí místa, teplota apod.). Participantů byli posléze odměněni za účast a obdrželi debriefingové letáky (*Příloha C*) s hlavními cíli našeho výzkumu.

4.3.2.1. SBĚR TĚLESNÉHO PACHU

Sběr tělesného pachu probíhal vždy přes noc po dobu 12 hodin (Havlíček *et al.*, 2011) před vakcinací pro stanovení bazálních hodnot a poté 14 dní po vakcinaci, kdy očekáváme přítomnost obou tříd protilátek v séru (př. de Paula, 2012) a již rozvinutou imunitní odpověď. Každý participant obdržel při návštěvě laboratoře etologie člověka experimentální balíček, v kterém měl k dispozici vatové polštářky do obou podpaží, neparfémované mýdlo, textilní pásku a čisté bavlněné tričko. Před samotným sběrem byli participantů požádáni o dodržování dvoudenní „diety“, při které se měli vyhýbat aromatickým potravinám (př. velmi kořeněným pokrmům, česneku, plísňovému sýru, majonéze apod.), které mohou ovlivňovat tělesný pach; stejně tak neměli provozovat žádné fyzicky namáhavé aktivity (např. jogging, aerobic). Tyto vyžadované podmínky jsou standardní a byly úspěšně využívány u řady předchozích studií (Havlicek & Lenochova, 2006; Lenochova *et al.*, 2009).

Samotný odběr tělesného pachu probíhal tak, že si vždy večer participantů měli umýt obě podpaží neparfémovaným mýdlem a následně si na místo upevnit vatové polštářky, hrubou stranou k axile, textilní páskou. Poté si měli navléknout bílé bavlněné tričko, aby se zabránilo případné kontaminaci pachy z okolí. V podmínkách bylo dále uvedeno, aby se vyhýbali spaní s partnerem či mazlíčkem v jedné posteli. Ráno po probuzení měli vatové polštářky sundat a umístit do připravených uzavíratelných sáčků, které byly označeny pro levé a pravé podpaží. U lékaře či v laboratoři Prevedig nám vzorky předali, ty byly dočasně umístěny do přenosného chladicího boxu a po doručení na fakultu zamrazeny v -20°C , aby nedocházelo k degradaci pachových vzorků (Lenochova, Roberts & Havlicek, 2008). Každý vzorek byl označen identifikačním kódem daného participanta. Časové schéma průběhu sběru stimulů tělesného pachu viz *Obr. 1*.

Po každém odevzdání vzorků tělesného pachu byli participanti požádáni o vyplnění osobního dotazníku (*Příloha B*), který měl kontrolovat dodržování dvoudenní „diety“. Byli v něm tázáni například na to, zdali jedli pokrm obsahující potraviny ovlivňující tělesný pach, či jestli užívali parfémovaný kosmetický prostředek.



Obr. 1 Časové schéma sběru stimulů

4.3.2.2. CHARAKTERISTIKA VAKCÍN

Jako vakcíny jsme zvolili Twinrix Adult a Menveo, které jsou v České republice snadno dostupné a mohou se očkovat společně, například při vycestování, souběžné podání je v příbalovém letáku vakcín povoleno. Zároveň jsme zvolili vakcíny proti virovému a bakteriálnímu onemocnění, aby došlo ideálně ke stimulaci více složek imunitního systému (vrozené, adaptivní i humorální a buněčné). Imunitní odpověď na vakcínaci bývá kombinací humorální a buněčné imunitní odpovědi, přestože převažuje většinou ta humorální (Amanna *et al.*, 2007). Nejprve dochází k tvorbě protilátek třídy IgM, které jsou po několika dnech nahrazovány specifitějšími protilátkami třídy IgG po izotypovém přesmyku. Druhý typ protilátek v organismu přetrvává, pokud je základní očkování kompletní a až po několika letech séroprotektce, kdy hladina protilátek klesne pod protektivní mez, je podána posilující očkovačská dávka (Delves, Martin, Burton & Roitt, 2017; Hořejší *et al.*, 1998). Při opakovaném setkání se s daným antigenem, dochází k diferenciaci paměťových B-buněk do plasmocytů, které zahájí okamžitou produkci specifických protilátek (Siegrist, 2008). Efektivita a účinnost vakcínace je však vždy závislá na konkrétním jedinci, určité procento populace jsou navíc tzv. non-

respondenti, kteří na vakcinaci vůbec nereagují – například u hepatitidy B se jedná až o 10% (Sjogren, 2005).

Námi zvolené Menveo je konjugovaná tetravakcína, která poskytuje ochranu proti čtyřem meningokovým séroskupinám A, C, W135 a Y. Vakcinační imunogeny jsou tvořeny oligasacharidy všech uvedených skupin *Neisseriae meningitidis*, navíc obsahují konjugovaný protein, který pomáhá s aktivací pomocných T-buněk, které jsou nezbytné pro následnou aktivaci B-buněk a imunologické paměti. Vakcína se využívá k aktivní imunizaci dospělých, mladistvých i dětí od 2 let. Menveo se podává intramuskulárně – preferenčně do deltového svalu, jedna vakcinační dávka (0,5 ml) má perzistenci 3-5 let, po jejímiž uplynutí se doporučuje přeočkování posilující dávkou. Nejčastějšími vedlejšími účinky v rámci klinických studií byly bolesti spojené s červenání v místě vpichu a bolesti hlavy (Menveo - příbalový leták, 2018).

Twinrix Adult je kombinovaná vakcína, poskytující ochranu proti hepatitidě typu A a B. Vakcinační imunogeny jsou tvořeny smícháním inaktivovaného viru hepatitidy A (HA) a povrchového antigenu viru hepatitidy B (HbsAg), které jsou odděleně vázány na hydroxid hlinitý a fosforečnan hlinitý. Tato vakcína se používá k imunizaci dospělých a mladistvých starších 16 let. Dávka Twinrixu (1 ml) se podává intramuskulárně – preferenčně opět do deltového svalu (v našem případě do druhé ruky, nežli bylo podáno Menveo). Kompletní imunizace je navozena po třech dávkách, které jsou podávány v 0, 1 a 6 měsíci; přeočkování či alespoň kontrola protilátek se doporučuje po 10-15 letech od absolvování standardní základní imunizace. Nejčastějšími vedlejšími účinky, které se ukázaly v klinických studiích, jsou opět bolesti v místě vpichu s červenáním a zvýšená únava (Twinrix – příbalový leták, 2018).

4.3.2.3. LABORATORNÍ ANALÝZY

V laboratoři jsme nechávali analyzovat tři krevní vzorky od každého participanta, abychom mohli zaznamenat případnou změnu v měřených protilátkách, testosteronu, kortizolu a CRP krátce před vakcinací, 14 dní a 30 dní po očkování. Po dopravení/odebrání byly všechny vzorky stočeny a zamrazeny při -80°C (až -200°C), aby posléze mohly být analyzovány.

4.3.2.3.1. LABORATORNÍ ANALÝZA PROTILÁTEK A CRP

Vyšetřované protilátky proti hepatitidě A jsou rozdělené na protilátky celkové (AntiHAV total), které jsou směsí IgG i IgM, a protilátky pouze typu IgM (AntiHAV IgM). Vyšetřují se ze séra po odběru venózní krve a probíhá na principu elektrochemiluminiscence - elektrochemiluminiscenční imunoanalýzy Elecsys (Park *et al.*, 2013). Jedná se o běžnou a citlivou laboratorní metodu na vyšetřování protilátek či antigenů ve vzorku, při které se využívá značení rutheniovým chelátem, díky němuž je zprostředkována světelná emise (Štern, 2016). Tento princip je využíván imunologickými analyzátory, které jsou většinou plně automatické. Dochází nejdříve k inkubaci vzorku, v kterém se vážou anti-HAV na antigen HAV, načež jsou přidány protilátky značené rutheniovým chelátem a ty obsadí zbylá vazebná místa pro antigen HAV. Celý komplex je posléze zachycen na povrch elektrody, kde proběhne díky napětí chemiluminiscenční emise fotonů. Výsledky jsou měřeny z kalibrační křivky ze spektrofotometru (Debad *et al.*, 2004). V našem případě lze očekávat, že Anti-HAV budou pozitivní, Anti-HAV IgM naopak negativní. U IgM nedochází k přesazení 35 IU/l, který je hraniční mezi negativním a pozitivním screeningovým vyšetřením. Pokud by byly v séru přítomné i IgM protilátky ve vyšší hladině, jednalo by se o akutní hepatitidu A, nikoliv post-vakcinační stav (Anti- HAV v séru – Prevedig – laboratorní příručka).

U hepatitidy B jsou nejčastěji vyšetřované protilátky Anti-Hbs (především IgG), které jsou zacílené na povrchový antigen tohoto viru (HbsAg). Opět jsou vyšetřovány ze séra po odběru venózní krve; probíhá obdobně jako výše uvedené na principu elektrochemiluminiscence - elektrochemiluminiscenční imunoanalýzy Elecsys (Louisirirothchanakul *et al.*, 2010). Pouze jsou při prvotní inkubaci ve vzorku v reakci Anti-HBs protilátky a již značený HBsAg rutheniovým chelátem (Debad *et al.*, 2004). Očekáváme pozitivní výsledek Anti-Hbs po vakcinaci, přestože dochází pouze u zhruba 46% očkovaných po měsíci od vakcinace k dosažení ochranné meze protilátek (Usonis *et al.*, 1986). Dostatečná imunizace je již u hodnot 100-1000 IU/l, přestože ideální je přesazení 1000 IU/l, kde se kontrola protilátek doporučuje po zhruba 3 letech (Anti-Hbs v séru – Prevedig – laboratorní příručka).

U meningokoku byly vyšetřovány protilátky Anti-Mnk – IgG všech séro skupin A, C, W135 a Y. I zde vyšetření probíhalo ze séra po odběru venózní krve, metodou enzymové imunoanalýzy (ELISA), která je jednou ze základních metod pro stanovení protilátek v séru. Reakce probíhá mezi antigenem na speciální destičce a protilátkou přítomnou v séru pacienta, dochází k inkubaci. Poté se přidávají ještě sekundární protilátky, které jsou značeny a navazují se na primární protilátky s antigenem. Chromogenní substrát, který se na závěr přidá a nechá se naštěpit, způsobuje barevnou odezvu, která je svou intenzitou měřenou spektrofotometricky úměrná množství protilátek participanta (Belo, Farhat & Gaspari, 2010). Jako dostatečná odezva se považuje dosažení titru (stupně naředění séra, kdy ještě protilátky reagují s antigeny) alespoň 1:4, ideálně však ve větším poměru (Borrow *et al.*, 2001).

Jako poslední byl v laboratoři analyzováno CRP, jakožto protein akutní fáze zánětlivých procesů v organismu, při kterých je zvyšován až tisícinásobně u bakteriálních infekcí. Vyšetřován je metodou imunoturbidimetrie, ve které jsou malé částice s antisérem CRP v reakci se sérem participanta za tvorby turbiditů – zákalu, který je potom měřen spektrofotometrem. V závislosti na intenzitě a rozptylu světla skrze zákal, lze stanovit koncentraci sledované látky (Doležalová *et al.*, 1995). Pokud by došlo k vzrůstu C-reaktivního proteinu v organismu po vakcinaci, jedná se pouze o krátkodobý a přechodný stav, který by v našem případě po 14 dnech již neměl být zvýšen – alespoň ne v důsledku očkování. Referenční mez u zdravého člověka se pohybuje od 0 do 7,5 mg/l (CRP v séru – Prevedig – laboratorní příručka).

4.3.2.3.2. LABORATORNÍ ANALÝZA HORMONŮ

Z dostupných krevních vzorků byl také analyzován testosteron ze séra metodou chemiluminiscence (CLIA), kdy dochází k uvolňování energie formou světla z reakce mezi testosteronem, polyklonálními anti-testosteronovými protilátkami a často ještě určitou stopovací látkou (tracer) (Luppa *et al.*, 1997). Do směsi je přidáván luminol nebo izoluminol a peroxid vodíku, se substrátem pak dochází k reakci. Peroxidas, kterou je značen jeden z imunoreaktantů, napomáhá vzniku aminoftalátového dianionu, který z excitovaného stavu na základní úroveň vyzařuje světlo, jež je posléze spektrofotometricky měřeno (Kim *et al.*, 1995). Všechny tři vzorky krve byly odebírány kolem sedmé hodiny ranní, aby nedošlo ke zkreslení v důsledku cirkadiálních rytmů, neboť testosteron během dne osciluje (Reinberg *et al.*, 1975). Jako referenční mez se u

dospělých mužů udává 1,75-7,81 ug/l (Testosteron v séru – Prevedig – laboratorní příručka).

Kortizol ze séra byl analyzován na principu elektrochemiluminiscence. Probíhá opět obdobně, jak již bylo uvedeno u protilátek – vzorek je inkubován se specifickou protilátkou proti kortizolu se značením rutheniovým chelátem. Opět bylo nutné dbát na odběr ve stejném čase, neboť i stresový hormon prochází změnami v hladinách během dne, nejvyšší bývá ráno a až o polovinu nižší večer (Weitzman *et al.*, 1983; Tsigos & Chrousos, 2002). Referenční mez u zdravého člověka se pohybuje po celý život 170-550 nmol/l (Kortizol v séru – Prevedig – laboratorní příručka).

Porovnáním vždy tří dílčích hodnot u všech analyzovaných látek jsme byli schopni mapovat dynamiku sledovaných proměnných, přičemž změna od bazálního stavu po nejvyšší nárůst je pro nás nezávislou proměnou, která byla porovnáвана s hedonickým hodnocením atraktivity, intenzity a zdraví.

4.3.3. SOUBOR OSOB - HODNOTITELÉ

Zájemkyně o hodnocení tělesného pachu (společně s fotografiemi tváří a nahrávkami hlasů) byly nabírány prostřednictvím inzerovaných letáčků na nástěnkách univerzity, na internetu a osobně. Všechny ženy byly ještě před zahájením informovány o průběhu studie, aniž by jim byl prozrazen hlavní cíl výzkumu. Před samotným hodnocením každá hodnotitelka podepsala informovaný souhlas, v kterém byla opět seznámena se svým úkolem a charakterem studie.

Hodnocení se zúčastnilo celkem 88 žen ve věku 18-40 let ($M = 22,87$; $SD = 2,85$), které neužívaly hormonální antikoncepci a neměly žádné onemocnění, které by ovlivňovalo čich. Fázi menstruačního cyklu, která může mít vliv na čichové preference, budeme kontrolovat pomocí dotazníku (Gangestad & Thornhill, 1998). Po hodnocení participantky vyplnily dotazník zaměřený na základní demografické údaje a čichové schopnosti.

Hodnocení probíhalo ve dvou termínech, přičemž prvního se zúčastnilo 43 žen a druhého 45 žen, jedná se tedy o mezisubjektový design studie. Hodnotitelky byly odměněny za účast ve výzkumu částkou 200,- Kč.

4.3.4. PRŮBĚH STUDIE - HODNOCENÍ

Vzhledem k počtu stimulů (celkem 42) je bylo potřeba rozdělit do dvou setů, aby se omezil vliv čichové adaptace a únavy. Fotografie a nahrávky hlasů byly této skutečnosti podřízeny, aby mohly participantky z jedné skupiny vždy hodnotit každého muže jedenkrát ve všech modalitách, před nebo po očkování.

Sety, tj. v jakém ze dvou termínu bude určitý vzorek před či po očkování, byly před hodnocením rozděleny randomizací. Každá hodnotitelka tak hodnotila pouze jeden vzorek tělesného pachu od každého dárce, před nebo po vakcinaci na základě zmíněné předpřipravené randomizace. Jeden set tak čítal 21 vzorků tělesného pachu, mezi nimiž byly navíc přimíchány 3 vzorky kontrolní, které sestávaly z nenošeného vatového polštářku; celkem tedy bylo při každém sezení celkově 24 vzorků, ale těch s tělesným pachem jen 21.

Hodnocení vzorků tělesných pachů, které byly rozmrazeny alespoň hodinu před příchodem první participantky, proběhlo v tiché a větrané místnosti. Vzorky byly umístěny do tmavých 500 ml prachovnic, které byly vždy označeny kódem vzorku odlišným od identifikačního kódu dárce stimulu. Vzorky byly hodnoceny na 7 stupňové verbálně zakotvené škále z hlediska atraktivity (1 – zcela neatraktivní, 7 – velmi atraktivní), intenzity (1 – velmi slabý, 7 – velmi silný) a zdraví (1 – zcela nezdravý, 7 – velmi zdravý). Tato metodika hodnocení se osvědčila v rámci předchozích studií prováděných členy skupiny etologie člověka (např. Havlicek *et al.*, 2005; Havlicek & Lenochova, 2006). Stimuly byly prezentovány v randomizovaném pořadí, aby nedocházelo ke zkreslení hodnocení a vždy po 8 vzorcích byly participantky vyzvány k odpočinku, aby nedocházelo k přílišné únavě čichového epitelu a adaptaci. Mezitím se mohly drobně občerstvit nebo jít hodnotit ostatní modality – atraktivitu tváří a hlasů. K vyplňování demografického dotazníku společně s údaji o menstruačním cyklu bylo využito online služby pro sběr dat Qualtrics.

4.4. ANALÝZA DAT

Studie má experimentální charakter, vzhledem k manipulacím v hladinách protilátek očkováním. První část výzkumu – sběr stimulů – má vnitrosubjektový design, vzhledem k tomu, že od každého participanta byly získány vzorky jak před, tak i po vakcinaci.

Druhá část – hodnocení – má mezisubjektový design, neboť každý vzorek (před a po) od jednoho muže hodnotila jiná žena. Nezávislými (manipulovanými) proměnnými jsou v našem případě změny ve stavu před a po očkování, tedy protilátek (Anti-HAV, Anti-HBs a Anti-Mnk) a steroidních hormonů. Závislými proměnnými jsou naopak hodnocení atraktivity, intenzity a zdraví zprůměrované ke každému participantovi.

Vzhledem k tomu, že u protilátek Anti-HBs nebyla zaznamenána u více než poloviny participantů změna, tj. 33% mělo dostatečnou ochrannou hladinu protilátek již před očkováním a 24% byli non-respondenti, byla tato data vyřazena z analýz.

Všechny statistické analýzy probíhaly v IBM SPSS Statistics verze 25. Po úpravě dat – jejich přeskupení a zprůměrování hodnocení byla nejprve zkontrolována jejich normalita. Využit k tomu byl Shapirov-Wilkův a Kolmogorovův-Smirnovův (jednovýběrový) test, v kterých sledujeme, zdali hodnota p není nižší než 0,05 – v takovém případě daný soubor nemá normální rozložení. Zejména Shapirov-Wilkův test je doporučovaný pro $N < 50$, čemuž náš soubor dat s $N = 21$ odpovídal (Elliot & Woodward, 2007). Navíc byly sestaveny histogramy pro všechna data, abychom mohly sledovat jejich rozložení také graficky.

Na základě rozložení dat jsme posléze prováděli korelaci jednotlivých hodnocení. Vzhledem k tomu, že se mezi nimi vyskytovala i data s nenormálním rozložením, přesněji průměrné hodnocení intenzity před ($p = 0,049$) i po ($p = 0,017$) vakcinaci, byl při korelaci využit Spearmanův koeficient – neparametrická obdoba testu. Hladina signifikance byla stanovena na $p < 0,05$. Dále byly porovnány hodnocení každé dimenze před a po vakcinaci pomocí párového t -testu.

Ke zjištění vztahu mezi hodnocením atraktivity, intenzity, zdraví a rozdílů v hladinách protilátek, tj. stavem před vakcinací a 30 dní po vakcinaci, byla využita jednorázová lineární regrese. Také jsme sledovali kolinearitu, aby nepřesáhla hodnotu 0,8. Vzhledem k tomu, že změny v hladinách protilátek nemají normální rozložení, kontrola proběhla ještě korelací se Spearmanovým koeficientem.

Případné změny v hladinách testosteronu a kortizolu jsme sledovali ANOVOU s opakovaným měřením. Byla zvolena Bonferroniho metoda mnohonásobného

porovnávání, která probíhá post-hoc. Souvislost mezi hormony, CRP a dílčími hodnoceními atraktivity, intenzity a zdraví byly opět zkorelovány, pro jejich normální rozložení byl využit Pearsonův koeficient. Kontrola vlivných bodů probíhala přes „leverage“ a Cookovy distance, které ukázaly odlehle hodnoty, jež by mohly potenciálně ovlivňovat výslednou signifikanci (Fields, 2013).

5. VÝSLEDKY

5.1. ROZLOŽENÍ DAT V SOUBORU

Testy na normalitu dat byly provedeny dva - Shapiro-Wilkův a Kolmogorov-Smirnovův test (K-S test). Jejich souhrnné výsledky lze vidět níže v tabulce (*Tabulka 1*). Zvýrazněné hodnoty se vyznačují nenormálním rozložením, v dalších analýzách na to byl brán zřetel a byly využívány neparametrické období testů pro zamezení zkreslení výsledků v důsledku porušení podmínek daného testu.

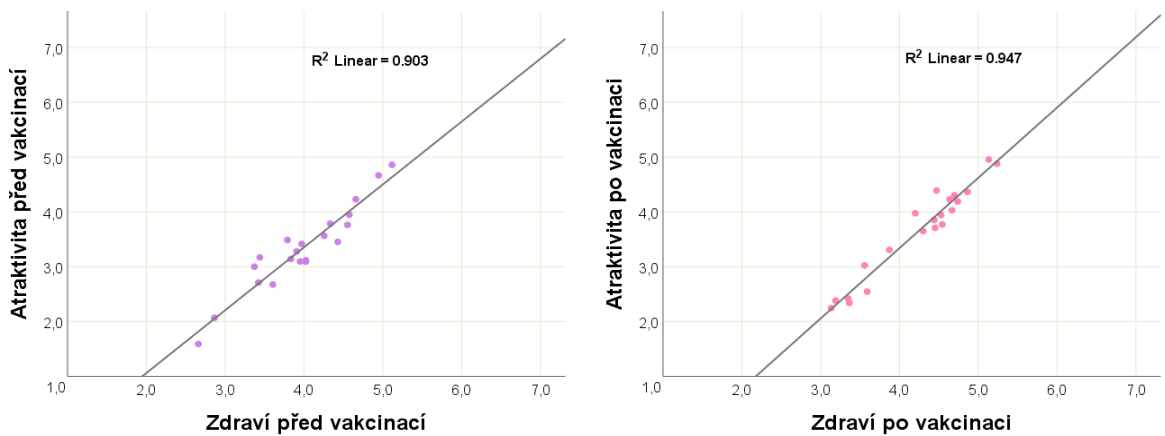
Testy Normality						
	K-S test			Shapiro-Wilkův test		
	S	N	p	S	N	p
atraktivita před vakcínací	0,137	21	0,200	0,967	21	0,663
atraktivita po vakcínací	0,170	21	0,116	0,915	21	0,070
intenzita před vakcínací	0,185	21	0,060	0,908	21	0,049
intenzita po vakcínací	0,179	21	0,078	0,884	21	0,017
zdraví před vakcínací	0,096	21	0,200	0,980	21	0,932
zdraví po vakcínací	0,197	21	0,033	0,920	21	0,087
kortizol před vakcínací	0,113	21	0,200	0,972	21	0,785
kortizol 14 dní po vakcínací	0,128	21	0,200	0,936	21	0,184
kortizol 30 dní po vakcínací	0,094	21	0,200	0,971	21	0,753
testosteron před vakcínací	0,162	21	0,153	0,953	21	0,385
testosteron 14 dní po vakcínací	0,167	21	0,128	0,952	21	0,365
testosteron 30 dní po vakcínací	0,151	21	0,200	0,915	21	0,067
Anti-Mnk změna	0,244	21	0,002	0,790	21	0,000
Anti-HAV změna	0,203	21	0,023	0,857	21	0,006
CRP změna	0,186	21	0,056	0,926	21	0,112

Tabulka 1: Souhrnné výsledky Shapiro-Wilkova a Kolmogorov-Smirnovova testu normality

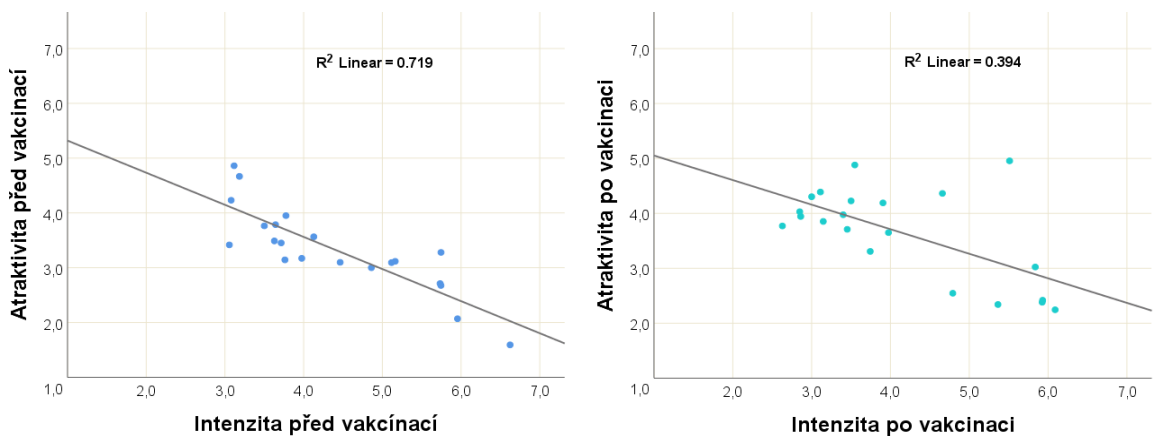
5.2. SOUVISLOST MEZI HODNOCENÍMI ATRAKTIVITY, INTENZITY A ZDRAVÍ TĚLESNÉHO PACHU

Do analýzy vstupovaly hodnocení ($N = 21$) průměrné atraktivity před vakcínací ($M = 3,33$; $SD = 0,76$), průměrné atraktivity po vakcínací ($M = 3,64$; $SD = 0,84$), průměrné intenzity před vakcínací ($M = 4,37$; $SD = 1,10$), průměrné intenzity po vakcínací ($M=4,15$; $SD=1,19$), průměrného hodnoceného zdraví před vakcínací ($M = 3,98$, $SD = 0,63$) a průměrného hodnoceného zdraví po vakcínací ($M = 4,23$; $SD = 0,64$).

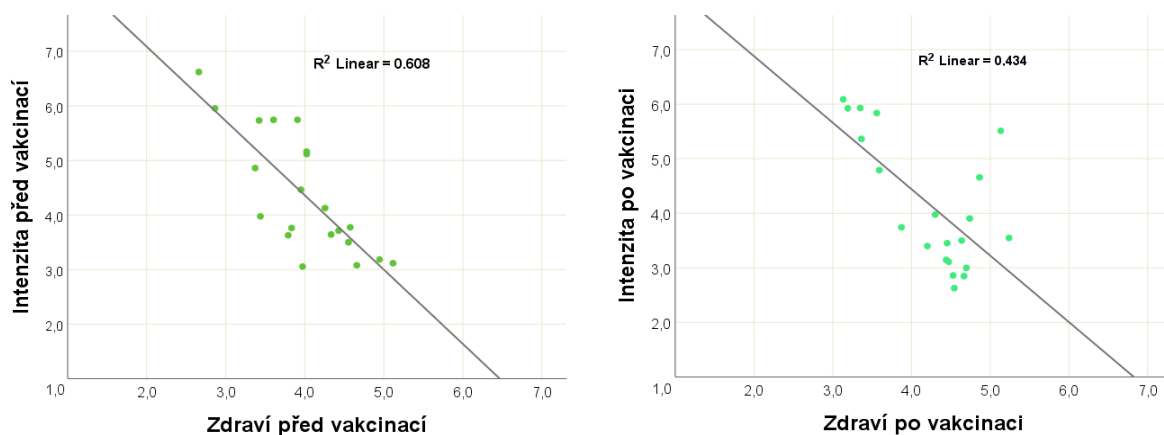
Neparametrická Spearmanova korelační analýza ukázala, že hodnocení atraktivity signifikantně koreluje s hodnocením zdraví před vakcinací ($\rho = 0,883$; $p < 0,001$) i po vakcinaci ($\rho = 0,921$; $p < 0,001$). Naopak obě proměnné negativně korelují s intenzitou před vakcinací – atraktivita ($\rho = -0,830$; $p < 0,001$), zdraví ($\rho = -0,710$; $p < 0,001$); i po vakcinaci - atraktivita ($\rho = -0,504$; $p = 0,020$), zdraví ($\rho = -0,519$; $p = 0,016$). Shrnutí výsledků korelací je níže v bodových grafech (*Graf 1-3*).



Graf 1: Vztah mezi hodnocením průměrné atraktivity a zdraví před (vlevo) a po vakcinaci (vpravo)



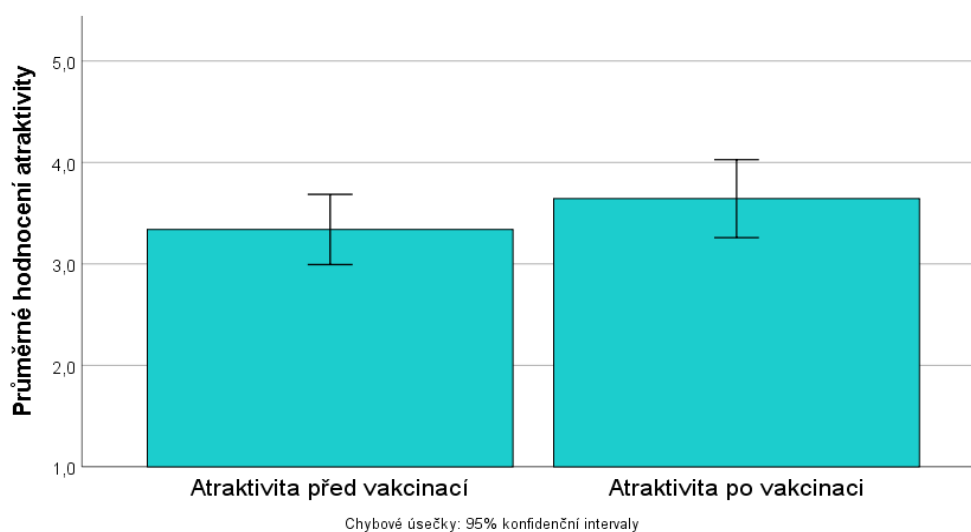
Graf 2: Vztah mezi hodnocením průměrné atraktivity a intenzity před (vlevo) a po vakcinaci (vpravo)



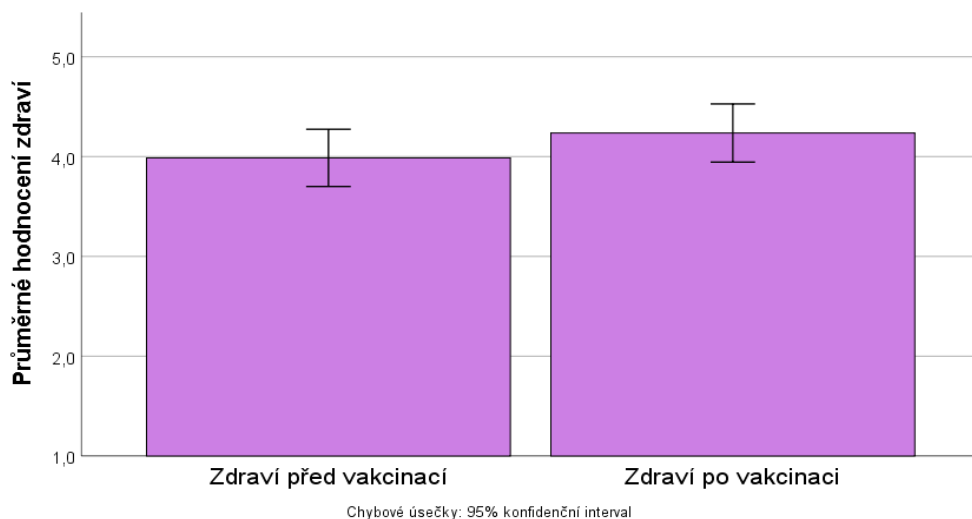
Graf 3: Vztah mezi hodnocením průměrné intenzity a zdravím před (vlevo) a po vakcinaci (vpravo)

5.3. TESTOVÁNÍ ZMĚN MEZI HODNOCENÍMI ATRAKTIVITY, INTENZITY A ZDRAVÍ PŘED A PO VAKCINACI

Ke zjištění, zdali se od sebe průměrná hodnocení atraktivity a zdraví liší před a po vakcinaci, tj. pokud dochází ke změně vnímání tělesného pachu v důsledku aktivace imunitní odpovědi, byl použit párový t-test. U atraktivity ($t(20) = 1,698$; $p = 0,105$), ani zdraví ($t(20) = 1,743$; $p = 0,97$) se neukázal signifikantní rozdíl v hodnocení v důsledku aktivace imunitního systému (Graf 4-5; Tabulka 2). V případě intenzity, kde byla normalita dat narušena, byla využita neparametrická obdoba t-testu – Wilcoxonův dvoupárový test. Ani u intenzity $Z = 1,130$; $p = 0,259$ se neukázal signifikantní rozdíl v hodnocení před a po vakcinaci (Graf 6). Na základě těchto výsledků můžeme soudit, že po vakcinaci se hedonické hodnocení tělesného pachu významně neliší od stavu před vakcinací.



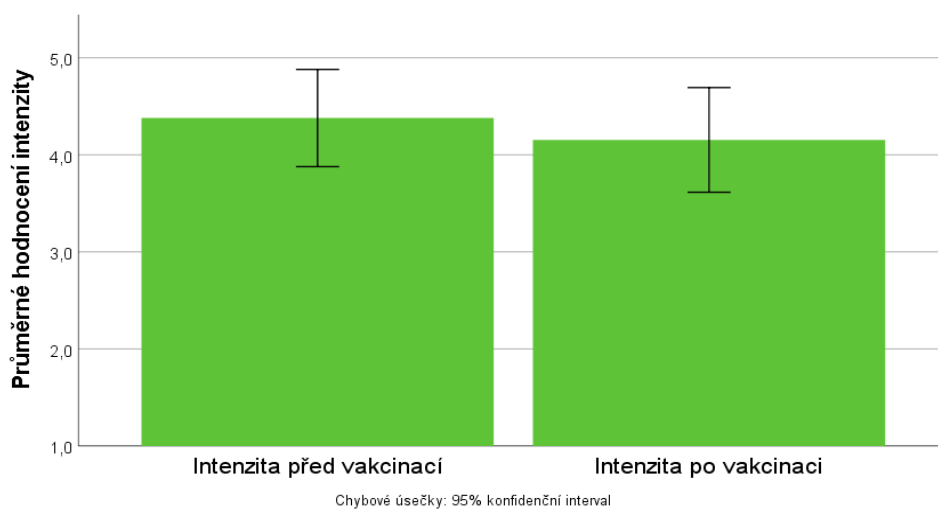
Graf 4: Průměrná atraktivita před a po vakcinaci – aktivaci imunitního systému



Graf 5: Průměrné zdraví před a po vakcinaci – aktivaci imunitního systému

		Párový t-test					t	df	p
		M	SD	Std. chyba průměru	95% CI				
					Spodní	Horní			
Pár 1	Atraktivita před - Atraktivita po vakcinaci	0,304	0,820	0,179	0,677	0,070	1,698	20	0,105
Pár 2	Zdraví před - zdraví po vakcinaci	0,249	0,656	0,143	0,548	0,049	1,743	20	0,097

Tabulka 2: Výsledky t-testu – průměrný rozdíl v hodnocení atraktivitu a zdraví tělesného pachu před a po vakcinaci



Graf 6: Průměrná intenzita před a po vakcinaci – aktivaci imunitního systému

5.4. VLIV MÍRY REAKTIVITY IMUNITNÍHO SYSTÉMU NA KVALITU TĚLESNÉHO PACHU

K otestování souvislosti mezi reaktivitou imunitního systému a kvalitou tělesného pachu, byly porovnávány nárůsty v hladinách protilátek proti hepatitidě A a proti

meningokoku s bazálními hodnoceními tělesného pachu. Do analýzy tedy vstupovaly rozdíly protilátek Anti-HAV ($M = -1,069$; $SD = 1,008$) a Anti-Mnk ($M = 14,581$; $SD = 17,378$) před a 30 dní po očkování společně s hodnoceními atraktivity, intenzity a zdraví tělesného pachu před vakcinací. Byla využita lineární regrese, a kontrola proběhla ještě kombinací s neparametrickou korelací. Lineární regrese neodhalila signifikantní vztah mezi změnami v hladinách protilátek a průměrnou atraktivitou před vakcinací ($F(2, 18) = 0,219$; $p = 0,806$; $R^2 = 0,024$). Signifikantní vztah nebyl nalezen ani v případě, že závislou proměnnou byla ve vztahu průměrná intenzita před vakcinací ($F(2, 18) = 0,716$; $p = 0,502$; $R^2 = 0,074$). V případě závislé proměnné průměrného hodnocení zdraví před vakcinací obdobně jako v předchozích případech nebyl nalezen signifikantní vztah ($F(2, 18) = 0,321$; $p = 0,730$; $R^2 = 0,034$). Jak již bylo zmíněno výše, kontrola proběhla ještě neparametrickou Spearmanovou korelační analýzou, vzhledem ke vstupu hladin protilátek se zamítnutou normalitou dat do analýz. Neukázala se zde žádná signifikantní souvislost mezi hodnoceními před vakcinací a změnami v hladinách protilátek (*Tabulka 3*).

Korelační tabulka

		Anti-HAV	Anti-Mnk
Atraktivita před vakcinací	Korelační koeficient	0,016	-0,105
	p	0,944	0,650
Intenzita před vakcinací	Korelační koeficient	0,012	0,151
	p	0,958	0,515
Zdraví před vakcinací	Korelační koeficient	0,102	-0,023
	p	0,660	0,922

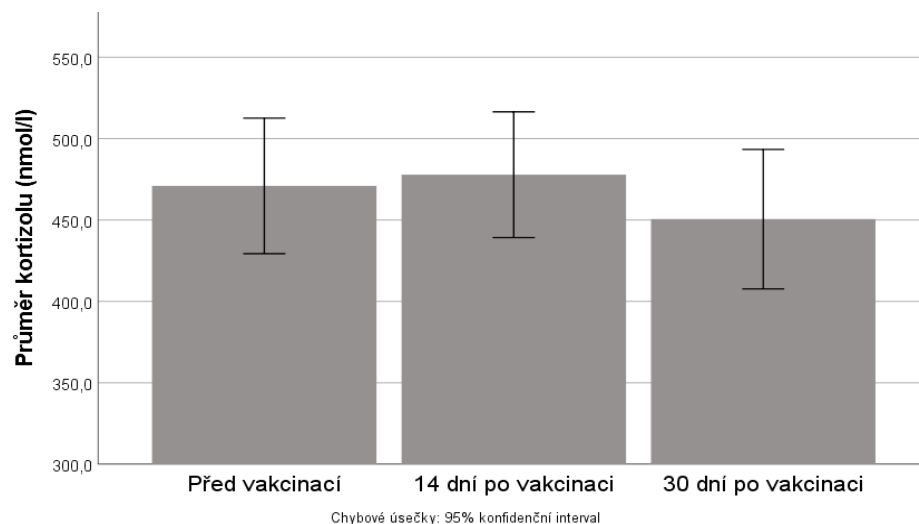
Tabulka 3: Neparametrické Spearmanovy korelace mezi atraktivitou, intenzitou a hodnoceným zdravím tělesného pachu získaného před vakcinací a hladinami protilátek

Výsledky tedy můžeme shrnout tak, že aktivace imunitního systému a jeho reaktivita měřená hladinami protilátek, nemá vliv na hedonickou kvalitu tělesného pachu.

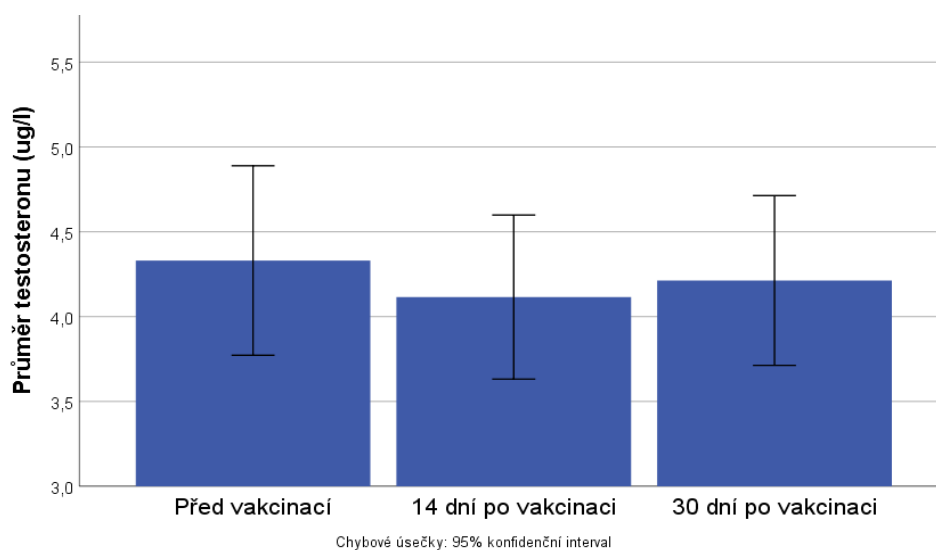
5.5. TESTOVÁNÍ ZMĚN V HLADINÁCH STEROIDNÍCH HORMONŮ V ZÁVISLOSTI NA AKTIVACI IMUNITNÍHO SYSTÉMU

K zjištění vztahu mezi aktivací imunitního systému a steroidními hormony byla využita ANOVA s opakovanými měřeními, kdy do ní vstupovaly vždy tři hodnoty hladin kortizolu a testosteronu. Kortizol před vakcinací ($M = 470,95$; $SD = 91,43$), 14 dní po

vakcinaci ($M = 477,81$; $SD = 84,85$) a 30 dní po vakcinaci ($M = 450,52$; $SD = 94,14$) (*Graf 7*); také testosteron před vakcinací ($M = 4,33$; $SD = 1,23$), 14 dní po vakcinaci ($M = 4,12$; $SD = 1,06$) a 30 dní po vakcinaci ($M = 4,21$; $SD = 1,09$) (*Graf 8*). Předpoklad pro využití testu byl zhodnocen na základě normality dat a výsledků Mauchlyho testu sféricity, u kortizolu $\chi^2(2) = 5,288$; $p = 0,071$; u testosteronu $\chi^2(2) = 2,963$; $p = 0,227$. Vzhledem k tomu, že není narušená sféricita dat (hodnota p není nižší než $0,05$), není nutné provádět a sledovat žádné korekce. ANOVA neodhalila žádný signifikantní vztah v rámci kortizolu ($F(2,40) = 0,797$; $p = 0,458$); ani v případě testosteronu ($F(2,40) = 0,818$; $p = 0,449$). Na základě těchto výsledků můžeme říci, že v důsledku aktivace imunitního systému očkováním, nedochází k signifikantním změnám v hladinách kortizolu a testosteronu.

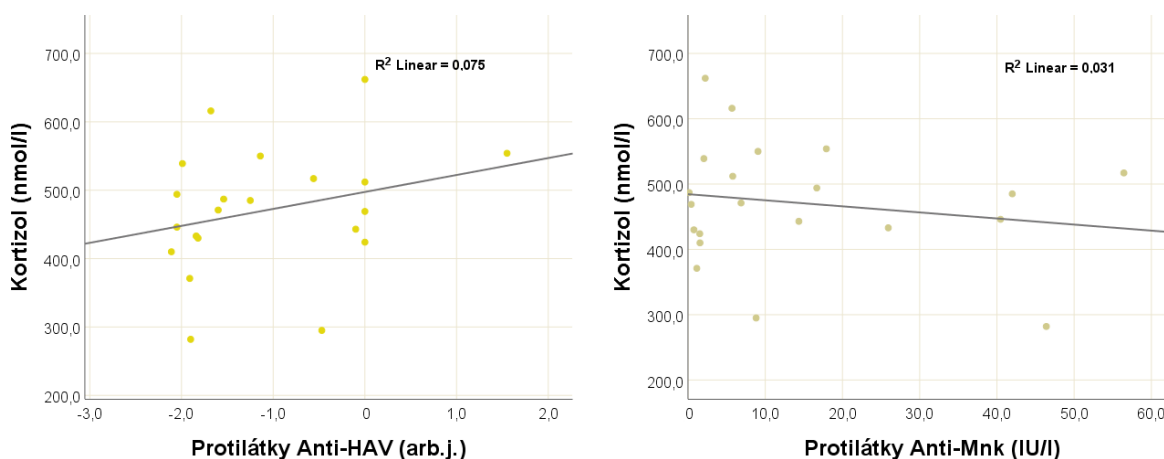


Graf 7: Průměrné hodnoty hladin kortizolu v krvi – před vakcinací, 14 dní poté a 30 dní po vakcinaci

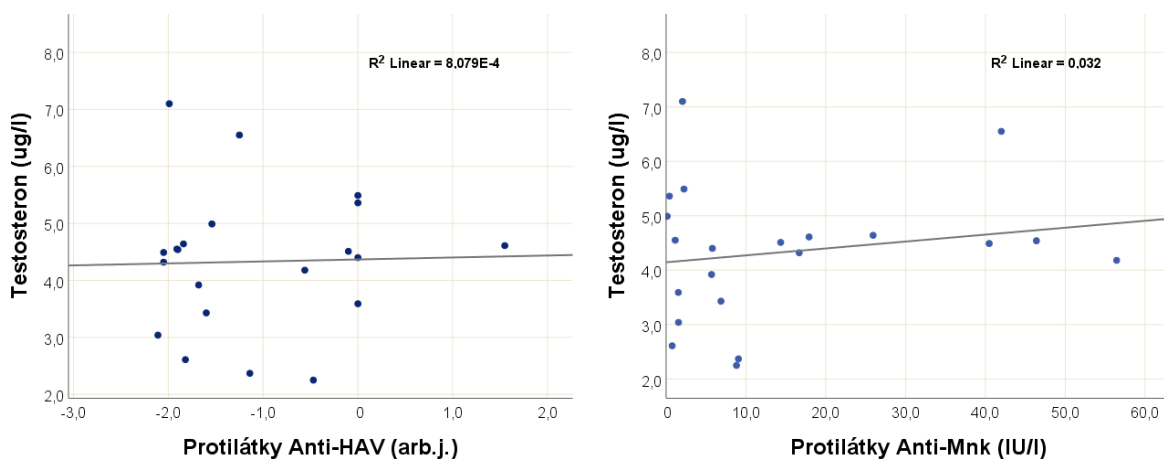


Graf 8: Průměrné hodnoty hladin testosteronu v krvi – před vakcinací, 14 dní poté a 30 dní po vakcinaci

K otestování vztahu mezi změnami v hladinách protilátek Anti-HAV a Anti-Mnk a bazální hladinou testosteronu a kortizolu byla opět využita Spearmanova korelační analýza, s ohledem na rozložení dat u protilátek. Ani zde nebyl nalezen signifikantní vztah – mezi kortizolem a AntiHAV protilátkami ($\rho = 0,315$; $p = 0,164$), mezi kortizolem a AntiMnk protilátkami ($\rho = 0,075$; $p = 0,746$) (Graf 9), mezi testosteronem a AntiHAV protilátkami ($\rho = 0,080$; $p = 0,730$) a mezi testosteronem a Anti-Mnk protilátkami ($\rho = 0,009$; $p = 0,969$) (Graf 10).



Graf 9: Vztah mezi kortizolem a protilátkami proti hepatitidě A (Anti-HAV) a meningokoku (Anti-Mnk)



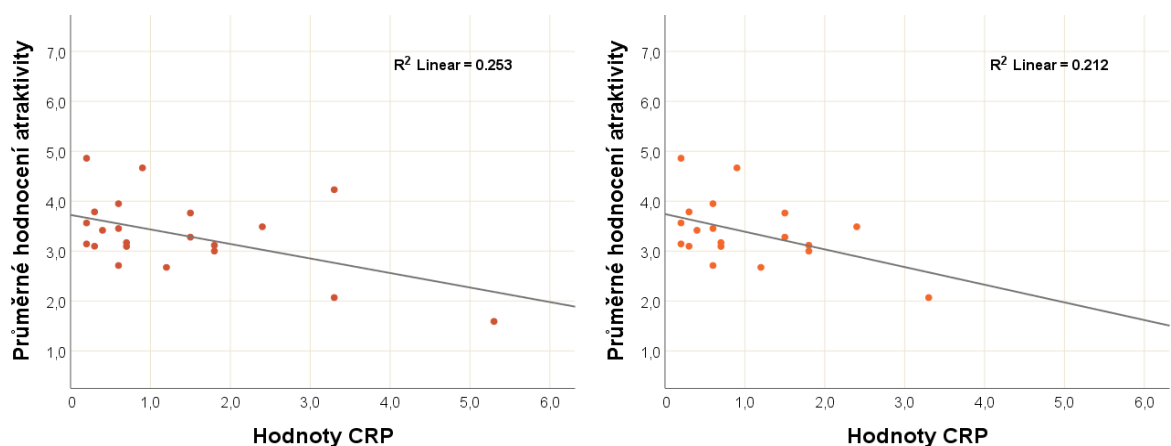
Graf 10 : Vztah mezi testosteronem a protilátkami proti hepatitidě A (Anti-HAV) a meningokoku (Anti-Mnk)

5.6. SOUVISLOST MEZI KVALITOU TĚLESNÉHO PACHU A STEROIDNÍMI HORMONY A HODNOTAMI CRP

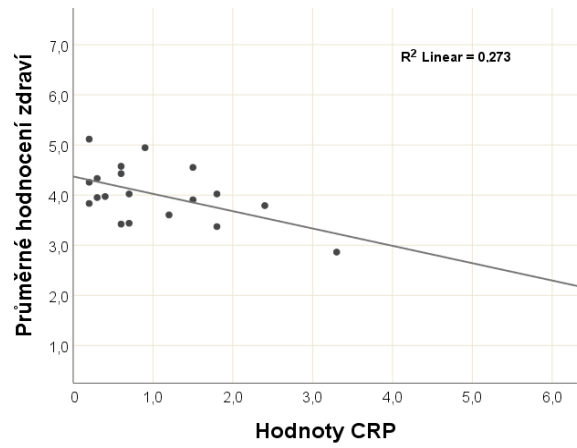
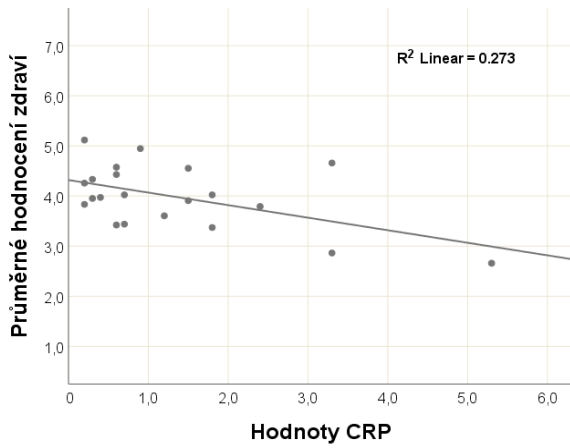
K testování možných souvislostí mezi hedonickými hodnoceními kvality tělesného pachu (atraktivita, intenzita, zdraví) a testosteronem, kortizolem a CRP byla s ohledem

na normální rozložení dat použita parametrická Pearsonova korelační analýza. Od každé proměnné do analýzy vstupovaly pouze bazální stavy před vakcinací, abychom mohli zaznamenat případný vztah bez vlivu aktivace imunitního systému v důsledku vakcinace. Byla zjištěna signifikantní negativní korelace mezi hodnocením atraktivity a hladin CRP ($M = 1,32$; $SD = 1,31$, $r = -0,503$, $p = 0,020$) (*Graf 11*). Obdobně jsme zjistili signifikantní negativní korelaci u hodnocení zdraví a hladin CRP ($r = -0,522$, $p = 0,015$) (*Graf 12*); a naopak pozitivní korelaci u intenzity a hladin CRP ($r = 0,473$, $p = 0,030$) (*Graf 13*). Dále byla zjištěna pozitivní korelace mezi hodnocením zdraví a kortizolem ($r = 0,459$, $p = 0,036$) (*Graf 14*). Jako poslední signifikantní výsledek se ukázal negativní vztah mezi hladinami CRP a testosteronem ($r = -0,443$, $p = 0,044$) (*Graf 15*).

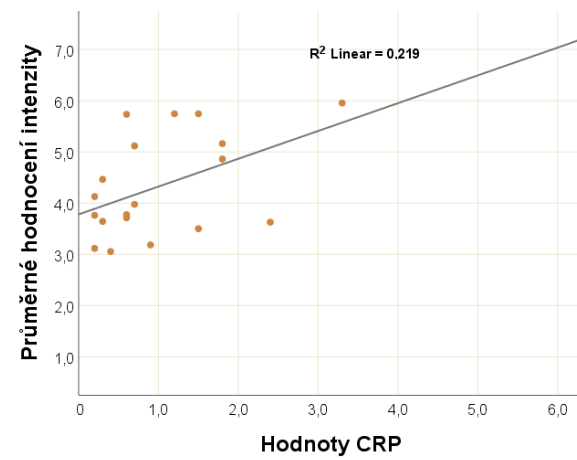
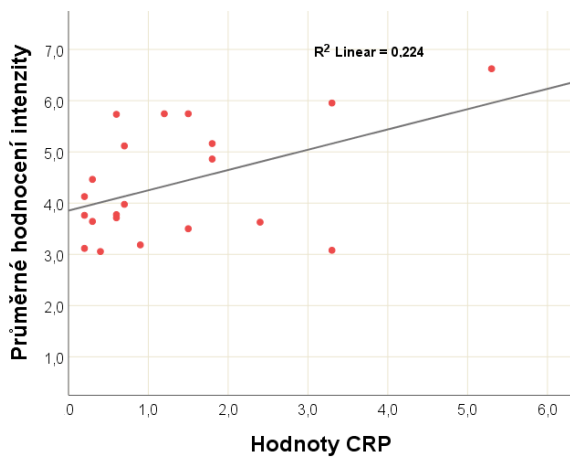
Vzhledem k odhlehlym hodnotám však byly výsledky kontrolovány za pomoci Cookových vzdáleností a „leverages“, data od dvou participantů tak byla vyřazena z analýzy a poté byla opětovně provedena korelační analýza. U intenzity – s ohledem na zamítnutou normalitu dat – byla provedena Spearmanova korelační analýza, která neodhalila žádný signifikantní výsledek. Po úpravách zůstaly signifikantní pouze negativní korelace hodnocení atraktivity a hladin CRP ($r = -0,460$, $p = 0,047$) (*Graf 11*) a zdraví a hladin CRP ($r = -0,522$, $p = 0,022$) (*Graf 12*). Z výsledků tak můžeme soudit, že spolu negativně koreluje hodnocená atraktivita a zdraví tělesného pachu s hladinami CRP.



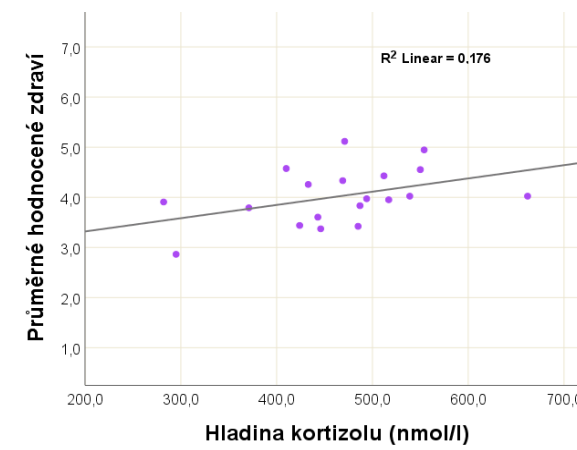
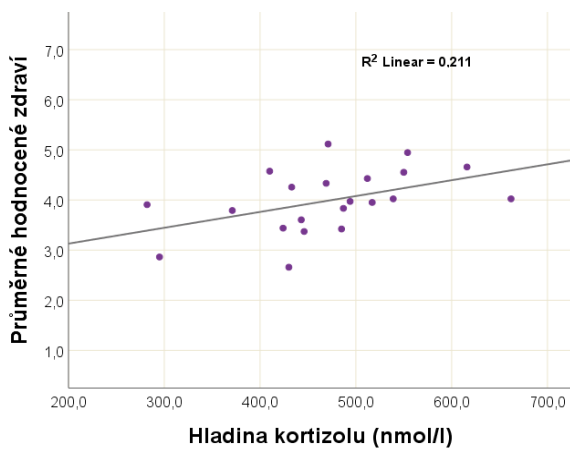
Graf 11: Vztah mezi hodnocením atraktivity a CRP v bazálním stavu, tj. před vakcinací; nalevo před korekcí, vpravo po korekci odhlehých bodů



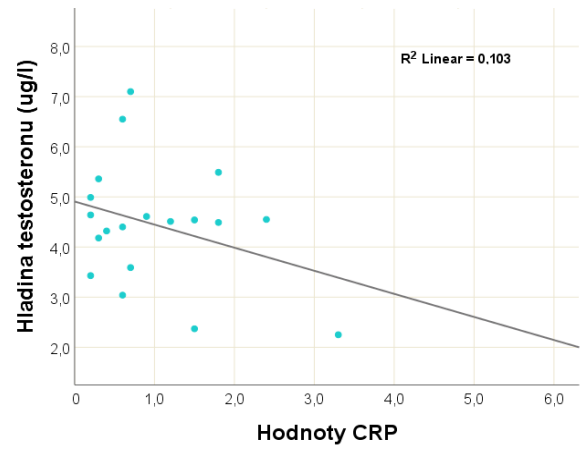
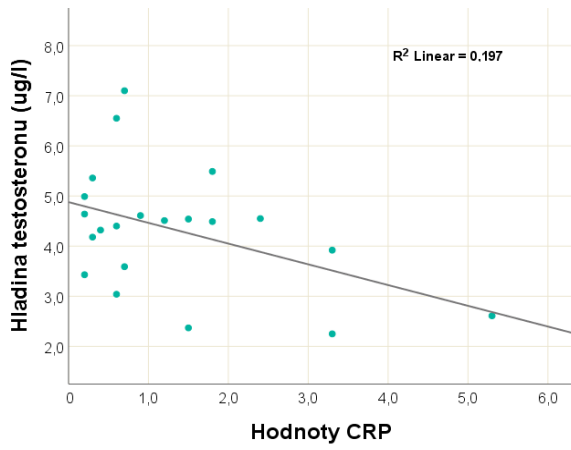
Graf 12: Vztah mezi hodnocením zdraví a CRP v bazálním stavu, tj. před vakcinací; nalevo před korekcí, vpravo po korekci odlehých bodů



Graf 13: Vztah mezi hodnocením intenzity a CRP v bazálním stavu, tj. před vakcinací; nalevo před korekcí, vpravo po korekci odlehých bodů



Graf 14: Vztah mezi hodnocením zdraví a hladinami kortizolu v bazálním stavu, tj. před vakcinací; nalevo před korekcí, vpravo po korekci odlehých bodů



Graf 15: Vztah mezi hladinami testosteronu a CRP v bazálním stavu, tj. před vakcinací; nalevo před korekcí, vpravo po korekci odlehlých bodů

6. DISKUZE

6.1. SOUVISLOST MEZI REAKTIVITOU IMUNITNÍHO SYSTÉMU A KVALITOU TĚLESNÉHO PACHU

Hlavním cílem této diplomové práce bylo otestovat vztah mezi reaktivitou imunitního systému a atraktivitou, intenzitou a zdravím tělesného pachu. Očekávali jsme, že tělesný pach jedinců s reaktivnějším imunitním systémem – měřený na základě hladin protilátek po očkování – bude hodnocen jako atraktivnější. V kontrastu s našim očekáváním jsme však nezjistili statisticky významný vztah mezi reaktivitou imunitního systému a kvalitou tělesného pachu. Míra nárůstu protilátek proti hepatitidě A, ani proti meningokoku, nesouvisela s hodnocenou atraktivitou, intenzitou a zdravím. Vzhledem k tomu, že se jedná o první studii, která zpracovává téma imunoreaktivity, měřené množstvím protilátek po vakcinaci, v souvislosti s percepčním hodnocením tělesného pachu, lze práci porovnat zejména s výzkumy zpracovávajícími danou problematiku na lidských tvářích. Reaktivita imunitního systému, měřená nárůstem protilátek po vakcinaci proti hepatitidě B, vykazovala pozitivní souvislost s hodnocenou atraktivitou tváře (Rantala *et al.*, 2012) – čím více protilátek Anti-HbS, tím atraktivnější tvář. Zároveň byly také sledovány hladiny testosteronu a kortizolu, u nichž se ukázal též signifikantní vliv na hodnocenou atraktivitu. Testosteron predikoval atraktivitu tváře velmi silně zejména u mužů s nízkým kortizolem. Výzkum Rantaly a kol. (2012) tak ukazuje provázanost hodnocené atraktivity mužských tváří s imunokompetencí a také evidenci pro hypotézu imunokompetenčního hendikepu spojenou se stresem. Vliv reaktivity imunitního systému na tělesný pach se však neukázal; může být tedy spíše slabý. Předpoklad, že by tělesný znak mohl být jeden z nepřímých markerů imunokompetence je postaven na znalosti, že probíhající infekce jsou percepčně zaznamatelné i olfaktoricky. Probíhající zánět snižuje atraktivitu tělesného pachu, nemocní jedinci jsou tak méně preferováni. Atraktivnější tělesný pach by tak měli mít zejména jedinci, kteří nemusí neustále aktivovat komplexní imunitní odpověď, ale jsou schopni patogeny rozeznat a eliminovat co nejdříve. Energie organismu tak nemusí být vyčerpávána dlouhou obranou, ale může být vložena jako investice do pohlavního výběru.

Ve studiích prováděných na savcích v souvislosti s tělesným pachem je většinou důraz kladen na aktuální zdravotní stav, tedy jedná se většinou o preference k pachu zdravých

jedinců oproti pachu těch infikovaných (př. Kavaliers & Colwell, 1995a; Klein *et al.*, 1999; Zala *et al.*, 2004). Předpokládáme však dle hypotézy dobrých genů, že imunokompetence je důležitým ukazatelem kvality jedince, které jsou signalizovány dobře vyvinutými sekundárními pohlavními znaky (Hamilton & Zuk, 1982), mezi něž mohou částečně patřit i některé složky tělesného pachu (Blaustein *et al.*, 1981). Z něj jsou například hlodavci schopni rozlišit jedince s nepodobným MHC, jenž tak může přispět k efektivnějšímu rozpoznání vícero antigenů u potomstva díky odlišným alelám (Yamazaki *et al.*, 1976, 1979; Penn, 2002). Zdali však existuje preference tělesného pachu jedinců s efektivnějším imunitním systémem, měřeným na základě buněčných či humorálních složek, není známo. Ve zvířecích studiích je většinou imunokompetence měřena přes parazitární nálož organismu – ta však nereflektuje, jak je daný jedinec schopen se s nákazou vypořádat (Penn & Potts, 1998). Maximální odpověď imunitního systému však zároveň nemusí být žádoucí, neboť musí existovat optimalizace mezi efektivitou eliminace patogenu a zároveň omezení imunopatologií. Imunokompetentní jedince by tak měl být schopen vyvažovat imunitní odpovědi, aby nepodstupoval dlouhou vyčerpávající nákazu, ale také aby omezil vedlejší účinky imunitního systému.

Imunokompetence u člověka, jak bylo zmíněno výše, je většinou testována právě v souvislosti s lidskou tváří a její symetrií. Předpokládá se, že nízká fluktuální asymetrie poukazuje na vývojovou stabilitu, potažmo kvalitní genetickou výbavu, kterou by tak mohli potenciální partneři předat svému potomstvu (Watson & Thornhill 1994; Grammer & Thornhill 1994). Ve vnímání vývojové stability a imunokompetence může mít velkou roli vedle vizuální percepce také ta olfaktorická, ideálněji jejich kombinace – multimodální percepce podnětu. Ukazuje se, že čím je atraktivnější tvář, v souvislosti se symetrií, tím je také atraktivnější tělesný pach (Rikowski & Grammer, 1999). Percepci lidské tváře a její hodnocení může také tělesný pach významně modulovat – zesilovat aktivitu v odpovídající neuronálních sítích (Regenbogen *et al.*, 2017). Respektive kombinací sledováním tváře a vnímáním tělesného pachu nemocného jedince lze dosáhnout silnější reakce – nižší preference a tím možnosti vyhnout se takovému jedinci.

Absence vztahu mezi reaktivitou imunitního systému může souviset s tím, že pouze olfaktorická modalita sama o sobě nemusí být dostatečně citlivá. Vizuální modalita může v tomto případě poskytovat více relevantní informace a olfaktorická modalita jí tak může spíše podporovat a modulovat, jak bylo zmíněno výše.

Diskrepance ve výsledcích mezi olfaktorickou a vizuální modalitou může být také způsobena tím, že lidská tvář a její symetrie (nejčastěji spojována právě s imunokompetencí jedince) je znak poměrně stálý v čase, avšak tělesný pach je ovlivňován mnoha enviromentálními faktory, viz kapitola 2. Tyto drobné změny, které jsou spojovány s vylučovanými látkami a mikroflórou, mohou zastínit vnímatelnou atraktivitu související s imunokompetencí. Součástí imunokompetence je však také variabilita v rámci MHC, neboť napomáhá obraně proti širšímu spektru patogenů. Respektive preferovaná heterozygotnost MHC u partnera, jež bývá na základě tělesného pachu poměrně dobře rozeznávána, může sloužit k podpoře vyšší heterozygotnosti i u potomků (Winternitz *et al.*, 2017). V současnosti však není jasné, jestli se jedná pouze o preferenci heterozygotnosti vázanou specificky k MHC, nebo jde spíše o obecnou preferenci k heterozygotním jedincům.

Dalším z možných důvodů, proč jsme nezjistili souvislosti kvality tělesného pachu a reaktivity imunitního systému, může být také dáno sledováním pouze hladin protilátek. Přestože bylo cílem stimulovat imunitní systém očkováním proti bakteriálnímu i virovému onemocnění, sledování pouze protilátek poskytuje pouze omezený obrázek o funkčnosti imunitního systému. Při případné replikaci studie by se mělo zaměřit na více komponent imunitního systému, sledovat například i buněčné složky (T-lymfocyty, B-lymfocyty, makrofágy, neutrofilní granulocyty) a cytokiny (Nowak *et al.*, 2018). Například ve studii Phalane a kol. (2017) byly sledovány cytokiny (IL-10, 6, 2, 8, 4, GM-CSF, IFN- γ a TNF- α) a CRP po stimulaci imunitní odpovědi lipopolysacharidem ve vztahu k atraktivitě a zdraví tváře společně se symetrií, barvou pokožky a průměrností tváře u afrických mužů. Byla zjištěna pozitivní korelace mezi imunitní odpovědí (rozdíl nárůstů cytokinů před a po stimulaci imunity) a atraktivitou a zdravím hodnoceným z tváře. Dále bylo zjištěno, že jedinci s vyšším nárůstem cytokinů mají více žlutou pleť, což souvisí s množstvím karotenoidů (Phalane *et al.*, 2017). Pokles žlutosti pleti je obecně spojován s nižším hodnocením atraktivity tváře (Henderson *et al.*, 2017; Stephen *et al.*, 2009a). Protilátková odpověď se sice ukazuje jako dostatečným markerem imunitní odpovědi, neboť odráží spolupracující síť imunitního systému – chemokiny nasměrované buňky prezentující antigeny (APC) cizorodé látky prezentují T-lymfocytům, které se mohou aktivovat a proliferovat. Poté jsou schopny aktivovat B-lymfocyty, jež se mohou diferencovat v plazmatické buňky a vytvářet

protilátky, které tak představují produkt celé kaskády (Burns & Gallagher, 2010). Protilátková odpověď tak může být dostatečným markerem imunitní odpovědi v případě percepce tváří (Rantala *et al.*, 2012), ale nemusí tomu tak být v případě tělesného pachu. Proto by bylo v budoucnu výhodnější, nezaměřovat se pouze na tento finální produkt kaskády imunitních reakcí, ale měřit i další výše zmíněné složky, které mohou poskytnout širší výpovědní hodnotu.

6.2. VLIV INDIVIDUÁLNÍCH ROZDÍLŮ STEROIDNÍCH HORMONŮ

Je možné předpokládat, že by testosteron měl v souvislosti s aktivací imunitního systému klesat, vzhledem k jeho imunosupresivitě a preferenčnímu využití energie do imunitní odpovědi (Folstad & Karter, 1992). U kortizolu by naopak docházet k vzestupu s ohledem na přípravu organismu k případné infekci a funkci akutního stresu jako podpoře imunitního systému (Elenkov & Chrousos, 1999; Dhabhar & Mcewen, 1997), analýza našich dat však ani tento předpoklad nepodpořila. V případě steroidních hormonů jsme tedy očekávali změnu v jejich hladinách v souvislosti s vakcinací. Nenalezli jsme však statisticky signifikantní změnu ve steroidních hormonech 14 dní, ani 30 dní po očkování. Náš výsledek je ve shodě se studiemi, v kterých též nebyly nalezeny změny v testosteronu a kortizolu v důsledku onemocnění či aktivace imunitní odpovědi ve vztahu k hodnocené příjemnosti tělesného pachu (př. Moshkin *et al.*, 2012).

Je však možné, že ke změnám hladin testosteronu a kortizolu mohlo dojít jen v rámci několika prvních dní po očkování v reakci na cizorodý antigen (Shattuck & Muehlenbein, 2015), přičemž po 14 dnech se mohly hladiny hormonů vrátit do svých původních hodnot. Rozhodně by tak v budoucnu bylo žádoucí měřit hladiny hormonů vícekrát, zejména v prvních dnech po vakcinaci, což může být umožněno odebráním slin (Vining *et al.*, 1983; Pedrycz & Kaczerska, 2014). Tato metoda je pro participanty zároveň pohodlnější a výsledky by měly být srovnatelné s hormony zjišťovanými z krve, pokud není používán k odběru bavlněný materiál (Shirtcliff *et al.*, 2001).

Navíc ani korelační analýza změn protilátek a testosteronu či kortizolu nezjistila statisticky významnou souvislost. Na základě našich výsledků nemůžeme říci, že by testosteron měl význačnou imunosupresivní funkci na hladiny protilátek, jako tomu bylo kupříkladu ve výzkumu Kanda a kol (1996). Naše výsledky se neshodují ani

s Rantalou a kol. (2012), kteří naopak po vakcinaci proti hepatitidě B našli pozitivní souvislost mezi testosteronem a protilátkami Anti-Hbs. Náš výsledek tak spíše podporuje zjištění, že testosteron nijak výrazně neovlivňuje adaptivní imunitní odpověď, jako tomu bylo také ve studii testující vliv testosteronu na efektivitu očkování proti chřipce (Nowak *et al.*, 2018).

6.3. ZMĚNA TĚLESNÉHO PACHU V DŮSLEDKU OČKOVÁNÍ

Dalším cílem naší studie bylo otestovat změny atraktivity tělesného pachu v důsledku očkování. Očekávali jsme, že po očkování bude tělesný pach mužů hodnocen jako méně atraktivní v porovnání s obdobím před očkováním. Vakcinace zde měla sloužit jako simulace „nemocnosti, zejména v kombinaci očkovacích látek proti bakteriálnímu i virovému onemocnění, aby došlo k vyšší stimulaci imunitního systému. Vakcinace však v naší studii zřejmě nebyla dostatečným stimulem, aby ovlivnila tělesný pach, což ukazuje náš další výsledek. V našem vzorku se významně neliší hodnocení atraktivity, intenzity ani zdraví před a po očkování. Přestože odběr tělesného pachu po vakcinaci probíhal po 14 dnech, kdy jsou protilátky IgG v organismu již v dostatečné míře (McMahon *et al.*, 2009; Clemens *et al.*, 1995), ke změnám kvality tělesného pachu může docházet dříve. Například ve studii, v níž byl imunitní systém dárců pachových vzorků stimulován bakteriálním lipopolysacharidem, probíhal odběr tělesného pachu krátce po injekci – po dobu 4 hodin (Olsson *et al.*, 2014). V tělesném pachu se tak může odrážet spíše vliv nespecifické imunitní odpovědi a zánětlivých procesů, měřených přítomností a množstvím prozánětlivých interleukinů (Beutler, 2009).

Také studie prováděné na hlodavcích ukazují, že při vpravení cizorodého antigenu, př. hemocyaninu, atraktivita tělesného pachu klesá záhy a po pár dnech se obnovuje, oproti přímé parazitární nákaze, která se naopak projeví v pachu až po několika dnech (Kavaliers *et al.*, 1997; Gerlinskaya *et al.*, 2012). Kombinace LPS, protizánětlivého IL-10 a naopak prozánětlivého IL-1 β poukazují na to, že chemické podněty spojené se změnou tělesného pachu mohou být způsobeny právě zánětlivými procesy v organismu (Arakawa *et al.*, 2010). Čekat na rozvinutí protilátkové odpovědi tak nemusí být v případě tělesného pachu adekvátní, ale pravděpodobně by docházelo ke změnám kvality pachu spíše v horizontu maximálně několika dní po očkování. Spíše než dlouhodobější vodítko, může být tedy tělesný pach brzkým markerem zdravotního stavu, respektive infekce. Metabolické změny související se zánětlivými procesy, se

mohou odrážet v tělesném pachu jen po určitou dobu, a i zde je možné, že po 14 dnech již bylo na zaznamenání takové změny pozdě. Jak již bylo avizováno v kapitole zabývající se změnami hormonů, ke kontrole změn v tělesném pachu a s ním spojenými případnými jevy, by odběry pachu i kve (případně slin) musely proběhnout vícekrát a dříve. Vzhledem k tomu, že neexistují studie, zpracovávající efekt vakcinace na tělesný pach, jedná se jen o domněnky a doporučení, odvozené od podobných výzkumů (Shattuck & Muehlenbein, 2015; Olsson *et al.*, 2014) a studiích prováděných na hlodavcích.

6.4. OSTATNÍ VÝSLEDKY

Dalším výsledkem studie je nalezení souvislostí mezi hodnocením atraktivity, intenzity a zdraví tělesného pachu. Dle předpokladů silný pozitivní vztah mezi vnímanou atraktivitou a zdravím může poukazovat na to, že v pohlavním výběru jsou preferováni zdraví jedinci (Penn & Potts, 1998; Moshkin *et al.*, 2012). Obdobně se ve studii Olssona a kol. (2014) ukázalo, že spolu vysoce pozitivně koreluje příjemnost a zdraví, přičemž příjemnost a atraktivita jsou od sebe často nerozlišitelné dimenze. Naopak hodnocené zdraví i atraktivita signifikantně negativně korelují s intenzitou. Na negativní vztah mezi intenzitou a atraktivitou přitom v hodnocení tělesného pachu poukazují i jiné studie (př. Havlíček *et al.*, 2006; Fialová, Roberts & Havlíček, 2016). Provázanost dílčích hodnocení je tak v souladu s našimi předpoklady. Vhodnějším řešením by bylo, kdyby mohly být jednotlivé dimenze hodnoceny zvlášť, nikoliv naráz (tj. hodnocením všech škál – atraktivity, intenzity a zdraví – u každého vzorku), neboť může docházet k vzájemnému ovlivňování hodnotících škál. Uvedený postup se však střetává s logistickými limitacemi, neboť by to v praxi znamenalo zvýšit počet participantů až několikanásobně, což je nejen časově náročné, ale také to znamená možné zhoršení kvality hodnocených vzorků, protože u nich dochází k degradaci organismy.

Přestože se nejednalo o primární cíl studie, byla nalezena negativní korelace mezi atraktivitou, zdravím a C-reaktivním proteinem v bazálním stavu, tj. před očkováním. Vzhledem k normálním, nezvýšeným hodnotám CRP bychom spíše neočekávali žádný významný vztah. U člověka jehož hladina CRP je pod 10 $\mu\text{g/ml}$, je jeho stav označován jako klinicky nevýznamný. V našem vzorku se bazální hladiny CRP pohybovaly mezi 0,2 až po 5,3 $\mu\text{g/ml}$ ($M = 1,32$). Až 90% populace má hodnoty nižší než 3 $\mu\text{g/ml}$ a 99% nižší než 10 $\mu\text{g/ml}$ bez akutních zánětlivých procesů. Minimální nárůst nad normu může

také souviset s obezitou (Reeves, 2007), což však zřejmě nebyl ten případ v našem vzorku. Avšak i drobné nuance mohou být spojené s menšími chronickými záněty, které v organismu probíhají bez povšimnutí, či dokonce i jinými zdravotními problémy, jež nejsou primárně spojené se záněty (Black, Kushner & Samols, 2004). I mírně zvýšené hladiny tohoto proteinu mohou značit vyšší riziko kardiovaskulárních chorob (Ridker *et al.*, 2002), riziko metabolického syndromu i rakovinu střev (Black, Kushner & Samols, 2004). Zároveň se také ukazuje, že na hodnoty CRP, jakožto celkového zdravotního stavu, má vliv také psychický stav jedince – lidé s širší sociální sítí a sezdání mají obecně nižší hodnoty CRP (Kiecolt-Glaser *et al.*, 2009).

Tato studie je tak vůbec první, která sledovala vztah mezi CRP a hedonickým hodnocením tělesného pachu. CRP je zároveň silně provázáno s interleukinem 6 (IL-6) (Pepys & Hirschfield, 2003), který byl sledován například ve studii Olssona a kol. (2014) po stimulaci imunitního systému lipopolysacharidem. Zvýšená hladina tohoto prozánětlivého cytokinu odkazuje také na zánětlivé procesy v organismu, dlouhodobě poté může ukazovat na sepsi, případně orgánové selhávání (Pinsky *et al.*, 1993). CRP a IL-6 se tak mohou překrývat a jsou oba využitelné jako markery zánětlivých změn. Avšak v našich výsledcích se ukázala souvislost s klinicky nevýznamnými hodnotami CRP bez jakékoliv stimulace imunitního systému, respektive nás tento výstup může směřovat k tomu, že by tělesný pach mohl být vodítkem i k menším chronickým zánětům. S tímto tvrzením je však potřeba nakládat opatrně, neboť je nejdříve nutné ověřit jej dalšími studiemi, které se budou primárně zaměřovat na vztah tělesného pachu a CRP.

Dále jsme zjistili nesignifikantní trendy, které ukázaly pozitivní korelační vztah mezi CRP a intenzitou tělesného pachu. To může být spojeno se zvyšováním tělesné teploty a posléze potřebou organismus ochlazovat – zvýší se míra potivosti a s ní intenzita tělesného pachu (Doty, 1975). Naopak při indukci nemocnosti lipopolysacharidem se ukázalo, že přestože je tělesný pach participantů intenzivnější, potí se dokonce méně (Olsson *et al.*, 2014). Zvýšení hodnocení intenzity tělesného pachu tak pravděpodobně není nutně spojeno s vyšší potivostí, ale určité vedlejší metabolické produkty organismu vznikající v důsledku menších lokálních infekcí mohou ovlivňovat kvantitativně látky obsažené v potu, potažmo se může měnit kožní mikroflóra (Penn & Potts, 1998).

Zároveň však zatím neznáme odpověď na otázku, z kterých potních žláz jsou látky spojené s infekcí produkovány.

Následujícím trendem, který se v našich výsledcích ukázal, byl negativní vztah mezi testosteronem a CRP. Jak bylo zmíněno výše, i jen lehce zvýšené CRP, v rámci klinicky nevýznamných hodnot, může být způsobeno menšími lokálními záněty v rámci organismu. Pokles hladiny testosteronu v důsledku aktivace imunitní odpovědi byl zdokumentován u myši (př. Allen *et al.*, 2004) i potkanů (př. Takumi *et al.*, 2011) a je součástí hypotézy imunokompetenčního hendikepu (Folstad & Karter 1992). Nemusí se jednat o pokles v důsledku potlačení jeho imunosupresivního účinku, vzhledem k tomu, že ten může být silně nadhodnocen (viz Nowak *et al.*, 2018; Roberts *et al.*, 2004; Foo *et al.*, 2017), ale v našem případě může jít o určitou rovnováhu mezi významně nezvýšenými hladinami testosteronu a CRP.

Dalším našim výsledkem je trend pozitivní korelace mezi hodnocením zdraví a kortizolem. Přestože je trvale zvýšený kortizol nad normu často spojován s chronickým stresem, který organismus oslabuje (Herbert & Cohen, 1993; Segerstrom & Miller, 2004), mírné zvýšení kortizolu v rámci klinicky nevýznamných mezí může být prospěšný. Nejen, že se podílí na přípravě organismu na akutní stres a umožňuje tak reakci boj nebo útek – i například zvýšením krevního tlaku a glukoneogenezí – ale také má vliv na renální funkce (Connell *et al.*, 1987), ovlivňuje metabolismus lipidů (Brindley, 1995), ale také působí jako tlumič příznaků zánětů, aby nedošlo ještě k většímu poškození tkáně (Barnes *et al.*, 1993). Mírně zvýšená hodnota kortizolu v rámci normálních mezí, které se pohybují zejména v ranních hodinách mezi 170-550 nmol/l (večer bývá nižší) (Tsigos & Chrousos, 2002), může být organismu prospěšná. V našem vzorku se bazální hladiny kortizolu pohybovaly mezi 282 až po 662 nmol/l ($M = 470,95$). I drobné nuance v kortizolu tak následně mohou ovlivnit hedonické hodnocení tělesného pachu. Ve studiích zaměřených na atraktivitu tváří se ukázalo, že ženy preferují tváře mužů s nízkou hladinou kortizolu v organismu (Moore *et al.*, 2011 a,b). V souvislosti s imunitním systémem bylo objeveno, že atraktivita tváře byla vyšší u mužů s nízkým kortizolem, což souviselo s vyšší hladinou testosteronu a zároveň vyšší protilátkovou imunitní odpovědí na vakcínu proti hepatitidě B (Rantala *et al.*, 2012). Přestože u žen se neukázala souvislost s atraktivitou a imunitní odpovědí na vakcínu proti hepatitidě B, vysoká hladina kortizolu v krvi predikovala nižší

hodnocenou atraktivitu ženské tváře (Rantala *et al.*, 2013). V další studii však souvislost mezi atraktivitou ženské tváře a hladin kortizolu nebyla nalezena (Han *et al.*, 2016). Přesto však můžeme předpokládat, že vyšší hladina kortizolu je spojena se stresem, který negativně ovlivňuje zdraví, včetně imunitních funkcí (Glaser & Kiecolt-Glaser, 2005).

Zejména nesignifikantní výsledky, které vykazovaly trend, by měly být interpretovány spíše opatrně. Je potřeba se na tyto souvislosti zaměřit i v dalších studiích, nejlépe s větším vzorkem participantů.

6.5. LIMITACE STUDIE

Největší limitací práce, je bezesporu velikost souboru dárců tělesného pachu. Je možné, že některé asociace jsou relativně slabé a naše studie neměla dostatečnou sílu to zjistit. To může být způsobeno právě naším malým vzorkem, přestože je srovnatelný s obdobnými studii (př. Regenbogen *et al.*, 2017; Henderson *et al.*, 2017). Studie zabývající se vztahem atraktivity tváře a imunokompetencí byla postavena na větším souboru participantů (Rantala *et al.*, 2012). Malá statistická síla tak také mohla zastřít možný efekt vlivu imunitní odpovědi stimulované vakcinací na tělesný pach. Z logistických důvodů však nebylo v omezeném časovém horizontu možno nabrat tolik mužů, kteří splňovali všechny podmínky studie. Ty byly, po několika neúspěšných pokusech rekrutovat dostatečný počet participantů, zmírněny z úplného neočkování na neočkování na námi avizované onemocnění alespoň po dobu 10 let. Toto rozhodnutí bylo učiněno na základě obeznámení, že v české populaci je jen menší procento lidí, kteří nebyli očkovaní zejména proti hepatitidě B – navíc od roku 2001 je očkování pro děti povinné (viz očkovací kalendář 2018 – Ministerstvo zdravotnictví ČR). Avšak přestože některé studie uvádějí perzistenci protilátek v organismu po dobu minimálně 5 let s doporučením, že alespoň po 10 letech by se měla překontrolovat ochranná hladina protilátek (West & Calandra, 1996; Shepard *et al.*, 2006); longituniální výzkum ukázal, že až 66% očkovaných mělo po 22 letech stále dostatečnou hladinu protilátek (McMahon *et al.*, 2009). Vzhledem k nízkému počtu participantů a nižší hranici pro neočkování v podmínkách, jsme posléze museli vyřadit Anti-Hbs z analýz. Vakcinace je tak jistě dobrým způsobem jak stimulovat imunitní systém, zároveň je bezpečnějším, nežli využití lipopolysacharidů. Avšak nejideálnější je, pokud jsou participanté ve studii úplně neočkovaní a k antigenu tak naivní (Rantala *et al.*, 2012). V budoucích studiích

by bylo vhodnější volit vakcíny, kterými není populace tak proočkováná, aby nebylo nutné část dat vyřadit. V neposlední řadě by bylo žádoucí sledovat více komponent imunitního systému a neomezovat se pouze na protilátky, jak bylo zmíněno výše v diskuzi.

7. ZÁVĚR

Ve své diplomové práci jsem testovala možnou souvislost mezi reaktivitou imunitního systému, měřenou na základě množství protilátek po vakcinaci proti hepatitidě A/B a meningokoku, a kvalitou tělesného pachu. Předpokládali jsme, že jedinci, kteří budou mít větší nárůst protilátek, tj. silnější odezvu imunitního systému, budou hodnoceni jako atraktivnější a zdravější. Respektive, že tělesný pach může sloužit také jako vodítko imunokompetence, vzhledem k tomu, že může poskytovat množství důležitých informací o potenciálním partnerovi. Atraktivní pach si tak mohou dovolit jen ti jedinci, kteří nemusí neustále investovat energii do aktivace komplexní imunitní obrany. Z výsledků však vyplývá, že mezi nárůstem protilátek a hodnocenou atraktivitou, intenzitou a zdravím tělesného pachu není žádný statisticky významný vztah. To může být způsobeno menším vzorkem (N= 21) (avšak porovnatelným s obdobnými studiemi), nebo zaměřením pouze na humorální odpověď adaptivní imunity a nesledováním ostatních komponent imunitního systému, jež mohou mít vyšší výpovědní hodnotu.

Sledované steroidní hormony – testosteron a kortizol – mohou ovlivňovat imunitní odpověď (část studií poukazuje na to, že testosteron může mít imunosupresivní účinky (Folstad & Karter 1992; Trigunaite, Dimo & Jørgensen, 2015)); avšak také může být jeho vliv modulován hladinou kortizolu v organismu (Møller, 1995; Moore *et al.*, 2011a,b), stejně jako tělesný pach (Rantala *et al.*, 2006) a v mnoha studiích byla zaznamenána jejich změna v souvislosti s aktivací imunitního systému. V tomto výzkumu však žádná signifikantní individuální změna nebyla zaznamenána. V důsledku sledování protilátek byl zvolen odběr krve a tělesného pachu až 14 dní po vakcinaci, kdy už hormony mohou být na svých bazálních hladinách. Pokud ke změně v reakci na vakcinaci dochází, děje se to pravděpodobně krátce po očkování v souvislosti s prvotní imunitní odpovědí.

Obdobně nebyla nalezena statisticky významná změna v hodnocení atraktivity před a po vakcinaci, která je spojována s aktivací imunitního systému a jeho vlivu na tělesný pach. Toto zjištění může opět souviset se sledováním pouze protilátek, u nichž se čekalo na jejich rozvinutí 14 dní po vakcinaci. Ke změně vnímání tělesného pachu by mohlo docházet spíše krátce po indukci imunitní odpovědi na antigen, na což odkazují další studie pracující s injekcí lipopolysacharidů (př. Olsson *et al.*, 2014).

Zajímavým zjištěním byla signifikantní negativní korelace mezi hodnocenou atraktivitou, zdravím a nameřeným CRP v bazálním stavu. Vzhledem k tomu, že žádná předchozí studie netestovala tuto souvislost, je nutné evidenci podpořit ještě dalšími výzkumy. Vysvětlení bychom však mohli nalézt v probíhajících lokálních zánětech, jejichž metabolické produkty se mohou odrážet v tělesném pachu a následně být vnímatelné ostatními jedinci.

Studie v rámci mé diplomové práce se zabývala doposud velmi opomíjeným odvětvím lidské etologie, neboť většina studií zaměřená na čich u člověka je medicínského charakteru. V posledních letech se behaviorální oblast výzkumu olfaktorické komunikace u lidí slibně rozvíjí a tato studie je tak další evidencí k porozumění pohlavního výběru u člověka, který je zejména u žen do značné míry ovlivněn tělesným pachem potenciálního partnera (Herz & Cahill, 1997; Havlicek *et al.*, 2008). Navíc propojením výsledků z různých sledovaných modalit (vizuální, olfaktorickou, akustickou) bude možné sledovat, která má největší vliv na pohlavní výběr v kontextu imunitní obrany a imunokompetence.

8. SEZNAM LITERATURY

1. Able, D. J. (1996). The contagion indicator hypothesis for parasite-mediated sexual selection. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 93(5), 2229-2233.
2. Ackerl, K., Atzmueller, M., & Grammer, K. (2002). The scent of fear. *Neuroendocrinology Letters*, 23(2), 79-84.
3. Adolph, D., Meister, L., & Pause, B. M. (2013). Context counts! social anxiety modulates the processing of fearful faces in the context of chemosensory anxiety signals. *Frontiers in human neuroscience*, 7, 283.
4. Allen, C., Havlíček, J., & Roberts, S. C. (2015). Effect of fragrance use on discrimination of individual body odor. *Frontiers in psychology*, 6, 1115.
5. Allen, J. A., Diemer, T., Janus, P., Hales, K. H., & Hales, D. B. (2004). Bacterial endotoxin lipopolysaccharide and reactive oxygen species inhibit Leydig cell steroidogenesis via perturbation of mitochondria. *Endocrine*, 25(3), 265-275.
6. Altizer, S., Nunn, C. L., Thrall, P. H., Gittleman, J. L., Antonovics, J., Cunningham, A. A., ... & Poss, M. (2003). Social organization and parasite risk in mammals: integrating theory and empirical studies. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 34(1), 517-547.
7. Amanna, I. J., Carlson, N. E., & Slifka, M. K. (2007). Duration of humoral immunity to common viral and vaccine antigens. *New England Journal of Medicine*, 357(19), 1903-1915.
8. Andersson, M., & Simmons, L. W. (2006). Sexual selection and mate choice. *Trends in ecology & evolution*, 21(6), 296-302.
9. Anti- HAV v séru - Prevedig. Domů - Prevedig [online]. Dostupné z: <https://www.prevedig.cz/seznam-vysetreni/56-a/37-.html>
10. Anti- HBs v séru - Prevedig. Domů - Prevedig [online]. Dostupné z: <https://www.prevedig.cz/seznam-vysetreni/56-a/42-.html>
11. Arakawa, H., Arakawa, K., & Deak, T. (2010). Sickness-related odor communication signals as determinants of social behavior in rat: a role for inflammatory processes. *Hormones and behavior*, 57(3), 330-341.
12. Austin, C., & Ellis, J. (2003). Microbial pathways leading to steroidal malodour in the axilla. *The Journal of steroid biochemistry and molecular biology*, 87(1), 105-110.
13. Barnes, P. J., Adcock, I., Spedding, M., & Vanhoutte, P. M. (1993). Anti-inflammatory actions of steroids: molecular mechanisms. *Trends in pharmacological sciences*, 14(12), 436-441.
14. Belo, E. F., Farhat, C. K., & De Gaspari, E. N. (2010). Comparison of dot-ELISA and standard ELISA for detection of *Neisseria meningitidis* outer membrane complex-specific antibodies. *Brazilian Journal of Infectious Diseases*, 14(1), 35-40.
15. Bendich, A. (1989). Carotenoids and the immune response. *The Journal of nutrition*, 119(1), 112-115.
16. Beutler, B. A. (2009). TLRs and innate immunity. *Blood*, 113(7), 1399-1407.
17. Black, S., Kushner, I., & Samols, D. (2004). C-reactive protein. *Journal of Biological Chemistry*, 279(47), 48487-48490.
18. Blaustein, A. R. (1981). Sexual selection and mammalian olfaction. *The American Naturalist*, 117(6), 1006-1010.
19. Blount, J. D., Metcalfe, N. B., Birkhead, T. R., & Surai, P. F. (2003). Carotenoid modulation of immune function and sexual attractiveness in zebra finches. *Science*, 300(5616), 125-127.
20. Bonilla, F. A., & Oettgen, H. C. (2010). Adaptive immunity. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 125(2), S33-S40.
21. Borrow, R., Andrews, N., Goldblatt, D., & Miller, E. (2001). Serological basis for use of meningococcal serogroup C conjugate vaccines in the United Kingdom: reevaluation of correlates of protection. *Infection and immunity*, 69(3), 1568-1573.
22. Brindley, D. N. (1995). Role of glucocorticoids and fatty acids in the impairment of lipid metabolism observed in the metabolic syndrome. *International journal of obesity and related*

- metabolic disorders: journal of the International Association for the Study of Obesity, 19, S69-75.
23. Buchanan, K. L., Evans, M. R., & Goldsmith, A. R. (2003). Testosterone, dominance signalling and immunosuppression in the house sparrow, *Passer domesticus*. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 55(1), 50-59.
 24. Burns, V. E., & Gallagher, S. (2010). Antibody response to vaccination as a marker of in vivo immune function in psychophysiological research. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 35(1), 122-126.
 25. Calabrese, J. R., Kling, M. A., & Gold, P. W. (1987). Alterations in immunocompetence during stress, bereavement, and depression: Focus on neuroendocrine regulation. *The American journal of psychiatry*.
 26. Clairardin, S. G., Barnett, C. A., Sakaluk, S. K., & Thompson, C. F. (2011). Experimentally increased in ovo testosterone leads to increased plasma bactericidal activity and decreased cutaneous immune response in nestling house wrens. *Journal of Experimental Biology*, 214(16), 2778-2782.
 27. Clemens, R., Safary, A., Hepburn, A., Roche, C., Stanbury, W. J., & André, F. E. (1995). Clinical experience with an inactivated hepatitis A vaccine. *Journal of infectious diseases*, 171(Supplement_1), S44-S49.
 28. Cogen, A. L., Nizet, V., & Gallo, R. L. (2008). Skin microbiota: a source of disease or defence?. *British Journal of Dermatology*, 158(3), 442-455.
 29. Connell, J. M., Whitworth, J. A., Davies, D. L., Lever, A. F., Richards, A. M., & Fraser, R. (1987). Effects of ACTH and cortisol administration on blood pressure, electrolyte metabolism, atrial natriuretic peptide and renal function in normal man. *Journal of hypertension*, 5(4), 425-433.
 30. CRP v séru * - Prevedig. Domů - Prevedig [online]. Dostupné z: <https://www.prevedig.cz/seznam-vysetreni/58-c/23-.html>
 31. Cui, C. Y., & Schlessinger, D. (2015). Eccrine sweat gland development and sweat secretion. *Experimental dermatology*, 24(9), 644-650.
 32. De Groot, J. H., Semin, G. R., & Smeets, M. A. (2014). I can see, hear, and smell your fear: Comparing olfactory and audiovisual media in fear communication. *Journal of Experimental Psychology: General*, 143(2), 825.
 33. de Groot, J. H., Smeets, M. A., Kaldewaij, A., Duijndam, M. J., & Semin, G. R. (2012). Chemosignals communicate human emotions. *Psychological science*, 23(11), 1417-1424.
 34. Debad, J. D., Glezer, E. N., Leland, J. K., Sigal, G. B., & Wohlstadter, J. (2004). Clinical and biological applications of ECL. *Electrogenerated chemiluminescence*, 359, 396.
 35. Delves, P. J., Martin, S. J., Burton, D. R., & Roitt, I. M. (2017). *Essential immunology*. John Wiley & Sons.
 36. Dhabhar, F. S., & Mcewen, B. S. (1997). Acute stress enhances while chronic stress suppresses cell-mediated immunity in vivo: A potential role for leukocyte trafficking. *Brain, behavior, and immunity*, 11(4), 286-306.
 37. Dinarello, C. A. (2000). Proinflammatory cytokines. *Chest*, 118(2), 503-508.
 38. Doležalová, Věra a kol., *Principy biochemických vyšetřovacích metod* (1995), Druhé vydání, Brno, Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví
 39. Doty, R. L. (1975). An examination of relationships between the pleasantness, intensity, and concentration of 10 odorous stimuli. *Perception & Psychophysics*, 17(5), 492-496.
 40. Doty, R. L. (1981). Olfactory communication in humans. *Chemical Senses*, 6(4), 351-376.
 41. Doty, R. L., Orndorff, M. M., Leyden, J., & Kligman, A. (1978). Communication of gender from human axillary odors: relationship to perceived intensity and hedonicity. *Behavioral biology*, 23(3), 373-380.
 42. Elenkov, I. J., & Chrousos, G. P. (1999). Stress hormones, Th1/Th2 patterns, pro/anti-inflammatory cytokines and susceptibility to disease. *Trends in Endocrinology & Metabolism*, 10(9), 359-368.

43. Elliott, A. C., & Woodward, W. A. (2007). *Statistical analysis quick reference guidebook: With SPSS examples*. Sage.
44. Evans, M. R., Goldsmith, A. R., & Norris, S. R. (2000). The effects of testosterone on antibody production and plumage coloration in male house sparrows (*Passer domesticus*). *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 47(3), 156-163.
45. Evans, S., Neave, N., & Wakelin, D. (2006). Relationships between vocal characteristics and body size and shape in human males: an evolutionary explanation for a deep male voice. *Biological psychology*, 72(2), 160-163.
46. Faivre, B., Grégoire, A., Prévault, M., Cézilly, F., & Sorci, G. (2003). Immune activation rapidly mirrored in a secondary sexual trait. *Science*, 300(5616), 103-103.
47. Fialová, J., Roberts, S. C., & Havlíček, J. (2016). Consumption of garlic positively affects hedonic perception of axillary body odour. *Appetite*, 97, 8-15.
48. Fields, A. (2013). *Discovering statistics using IBM SPSS statistics*. Thousand Oaks, CA.
49. Folstad, I., & Karter, A. J. (1992). Parasites, bright males, and the immunocompetence handicap. *The American Naturalist*, 139(3), 603-622.
50. Foo, Y. Z., Nakagawa, S., Rhodes, G., & Simmons, L. W. (2017). The effects of sex hormones on immune function: a meta-analysis. *Biological Reviews*, 92(1), 551-571.
51. Fuxjager, M. J., Fougopoulos, J., Diaz-Uriarte, R., & Marler, C. A. (2011). Functionally opposing effects of testosterone on two different types of parasite: implications for the immunocompetence handicap hypothesis. *Functional Ecology*, 25(1), 132-138.
52. Gallagher, M., Wysocki, C. J., Leyden, J. J., Spielman, A. I., Sun, X., & Preti, G. (2008). Analyses of volatile organic compounds from human skin. *British Journal of Dermatology*, 159(4), 780-791.
53. Gangestad, S. W., & Thornhill, R. (1998). Menstrual cycle variation in women's preferences for the scent of symmetrical men. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 265(1399), 927-933.
54. Gerlinskaya, L. A., Shnayder, E. P., Dotsenko, A. S., Maslennikova, S. O., Zavjalov, E. L., & Moshkin, M. P. (2012). Antigen-induced changes in odor attractiveness and reproductive output in male mice. *Brain, behavior, and immunity*, 26(3), 451-458.
55. Glaser, R., & Kiecolt-Glaser, J. K. (2005). Stress-induced immune dysfunction: implications for health. *Nature Reviews Immunology*, 5(3), 243.
56. González-Santoyo, I., & Córdoba-Aguilar, A. (2012). Phenoloxidase: a key component of the insect immune system. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 142(1), 1-16.
57. Grafen, A. (1990). Biological signals as handicaps. *Journal of theoretical biology*, 144(4), 517-546.
58. Grammer, K., & Thornhill, R. (1994). Human (*Homo sapiens*) facial attractiveness and sexual selection: the role of symmetry and averageness. *Journal of comparative psychology*, 108(3), 233.
59. Greenman, C. G., Martin II, L. B., & Hau, M. (2005). Reproductive state, but not testosterone, reduces immune function in male house sparrows (*Passer domesticus*). *Physiological and Biochemical Zoology*, 78(1), 60-68.
60. Grigoleit, J. S., Kullmann, J. S., Wolf, O. T., Hammes, F., Wegner, A., Jablonowski, S., ... & Schedlowski, M. (2011). Dose-dependent effects of endotoxin on neurobehavioral functions in humans. *PLoS One*, 6(12), e28330.
61. Groscurth, P. (2002). Anatomy of sweat glands. In *Hyperhidrosis and botulinum toxin in dermatology* (Vol. 30, pp. 1-9). Karger Publishers.
62. Grossman, C. J. (1985). Interactions between the gonadal steroids and the immune system. *Science*, 227(4684), 257-261.
63. Guertin, P. A. (2016). Neural control of skin water content: the eccrine sudoriferous gland. *J Neurol Exp Neural Sci*.
64. Hamilton, W. D., & Zuk, M. (1982). Heritable true fitness and bright birds: a role for parasites?. *Science*, 218(4570), 384-387.

65. Hämmerli, A., Schweisgut, C., & Kaegi, M. (2012). Population genetic segmentation of MHC-correlated perfume preferences. *International journal of cosmetic science*, 34(2), 161-168.
66. Han, C., Hahn, A. C., Fisher, C. I., Debruine, L. M., & Jones, B. C. (2016). Women's facial attractiveness is related to their body mass index but not their salivary cortisol. *American Journal of Human Biology*, 28(3), 352-355.
67. Haselton, M. G., & Gildersleeve, K. (2016). Human ovulation cues. *Current Opinion in Psychology*, 7, 120-125.
68. Havlicek, J., & Lenochova, P. (2006). The effect of meat consumption on body odor attractiveness. *Chemical senses*, 31(8), 747-752.
69. Havlicek, J., & Roberts, S. C. (2009). MHC-correlated mate choice in humans: a review. *Psychoneuroendocrinology*, 34(4), 497-512
70. Havlicek, J., Roberts, S. C., & Flegr, J. (2005). Women's preference for dominant male odour: effects of menstrual cycle and relationship status. *Biology letters*, 1(3), 256-259.
71. Havlicek, J., Saxton, T. K., Roberts, S. C., Jozifkova, E., Lhota, S., Valentova, J., & Flegr, J. (2008). He sees, she smells? Male and female reports of sensory reliance in mate choice and non-mate choice contexts. *Personality and Individual Differences*, 45(6), 565-570.
72. Havlíček, J., Dvořáková, R., Bartoš, L., & Flegr, J. (2006). Non-advertized does not mean concealed: body odour changes across the human menstrual cycle. *Ethology*, 112(1), 81-90.
73. Haze, S., Gozu, Y., Nakamura, S., Kohno, Y., Sawano, K., Ohta, H., & Yamazaki, K. (2001). 2-Nonenal newly found in human body odor tends to increase with aging. *Journal of investigative dermatology*, 116(4), 520-524.
74. Hedrick, P. W. (2002). Pathogen resistance and genetic variation at MHC loci. *Evolution*, 56(10), 1902-1908.
75. Henderson, A. J., Lasselin, J., Lekander, M., Olsson, M. J., Powis, S. J., Axelsson, J., & Perrett, D. I. (2017). Skin colour changes during experimentally-induced sickness. *Brain, behavior, and immunity*, 60, 312-318.
76. Hepper PG. (1988). The discrimination of human odor by the dog. *Perception* 17:549–54.
77. Herbert, T. B., & Cohen, S. (1993). Stress and immunity in humans: a meta-analytic review. *Psychosomatic medicine*, 55(4), 364-379.
78. Herz, R. S., & Cahill, E. D. (1997). Differential use of sensory information in sexual behavior as a function of gender. *Human Nature*, 8(3), 275-286.
79. Hold, B., & Schleidt, M. (1977). The importance of human odour in non-verbal communication. *Ethology*, 43(3), 225-238.
80. Hořejší, V., Bartůňková, J., Brdička, T., & Špišek, R. (1998). *Základy imunologie* (Vol. 3). Triton.
81. Hsieh, C. S., Heimberger, A. B., Gold, J. S., O'Garra, A., & Murphy, K. M. (1992). Differential regulation of T helper phenotype development by interleukins 4 and 10 in an alpha beta T-cell-receptor transgenic system. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 89(13), 6065-6069.
82. Hurley, H. J. (2001). The eccrine sweat glands: structure and function. *The biology of the skin*, RK Freinkel, and Woodley, DT, ed.(The Parthenon Publishing Group), 47-76.
83. Chandra, R. K., & Newberne, P. M. (1977). Immunocompetence in undernutrition. In *Nutrition, Immunity, and Infection* (pp. 67-126). Springer, Boston, MA.
84. Charles, A. (1959). An electron microscopic study of the human axillary apocrine gland. *Journal of anatomy*, 93(Pt 2), 226.
85. Chen, D., & Haviland-Jones, J. (1999). Rapid mood change and human odors. *Physiology & behavior*, 68(1-2), 241-250
86. Chen, D., & Haviland-Jones, J. (2000). Human olfactory communication of emotion. *Perceptual and motor skills*, 91(3), 771-781.
87. Jackman, P. J. H., & Noble, W. C. (1983). Normal axillary skin in various populations. *Clinical and experimental dermatology*, 8(3), 259-268.
88. Jacob, S., McClintock, M. K., Zelano, B., & Ober, C. (2002). Paternally inherited HLA alleles are associated with women's choice of male odor. *Nature genetics*, 30(2), 175.

89. James, A. G., Casey, J., Hyliands, D., & Mycock, G. (2004). Fatty acid metabolism by cutaneous bacteria and its role in axillary malodour. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 20(8), 787-793.
90. Janeway Jr, C. A., & Medzhitov, R. (2002). Innate immune recognition. *Annual review of immunology*, 20(1), 197-216.
91. Kamiya, T., O'Dwyer, K., Westerdahl, H., Senior, A., & Nakagawa, S. (2014). A quantitative review of MHC-based mating preference: the role of diversity and dissimilarity. *Molecular ecology*, 23(21), 5151-5163.
92. Kanda, N., Tsuchida, T., & Tamaki, K. (1996). Testosterone inhibits immunoglobulin production by human peripheral blood mononuclear cells. *Clinical & Experimental Immunology*, 106(2), 410-415.
93. Kappler, J. W., Roehm, N., & Marrack, P. (1987). T cell tolerance by clonal elimination in the thymus. *Cell*, 49(2), 273-280.
94. Kavaliers, M., & Colwell, D. D. (1995). Discrimination by female mice between the odours of parasitized and non-parasitized males. *Proc. R. Soc. Lond. B*, 261(1360), 31-35.
95. Kavaliers, M., & Colwell, D. D. (1995). Odours of parasitized males induce aversive responses in female mice. *Animal Behaviour*, 50(5), 1161-1169.
96. Kavaliers, M., & Choleris, E. (1997). Sex differences in N-methyl-D-aspartate involvement in κ opioid and non-opioid predator-induced analgesia in mice. *Brain research*, 768(1-2), 30-36.
97. Kavaliers, M., Colwell, D. D., & Choleris, E. (2000). Parasites and Behaviour:: An Ethopharmacological Perspective. *Parasitology Today*, 16(11), 464-468.
98. Kavaliers, M., Choleris, E., & Pfaff, D. W. (2005). Genes, odours and the recognition of parasitized individuals by rodents. *Trends in parasitology*, 21(9), 423-429.
99. Kiecolt-Glaser, J. K., Gouin, J. P., & Hantsoo, L. (2010). Close relationships, inflammation, and health. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 35(1), 33-38.
100. Kim, J. K., Adam, A., Loo, J. C., & Ong, H. (1995). A chemiluminescence enzyme immunoassay (CLEIA) for the determination of medroxyprogesterone acetate in human serum. *Journal of pharmaceutical and biomedical analysis*, 13(7), 885-891.
101. Kirkpatrick, M., & Ryan, M. J. (1991). The evolution of mating preferences and the paradox of the lek. *Nature*, 350(6313), 33-38.
102. Klein, J., & Figueroa, F. (1986). The evolution of class I MHC genes. *Immunology today*, 7(2), 41-44.
103. Klein, S. L. (2000). The effects of hormones on sex differences in infection: from genes to behavior. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 24(6), 627-638.
104. Klein, S. L., Gamble, H. R., & Nelson, R. J. (1999). *Trichinella spiralis* infection in voles alters female odor preference but not partner preference. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 45(5), 323- 329.
105. Kocar, I. H., Yesilova, Z., Özata, M., Turan, M., Sengül, A., & Özdemir, I. Ç. (2000). The effect of testosterone replacement treatment on immunological features of patients with Klinefelter's syndrome. *Clinical & Experimental Immunology*, 121(3), 448-452.
106. Kortizol v séru - Prevedig. Domů - Prevedig [online]. Dostupné z: <https://www.prevedig.cz/seznam-vysetreni/67-k/136-.html>
107. Kuhn, F., & Natsch, A. (2009). Body odour of monozygotic human twins: a common pattern of odorant carboxylic acids released by a bacterial aminoacylase from axilla secretions contributing to an inherited body odour type. *Journal of the Royal Society Interface*, 6(33), 377-392.
108. Kuno, Y. (1956). Human perspiration (No. 285). Thomas.
109. Kurtz, J., & Sauer, K. P. (1999). The immunocompetence handicap hypothesis: testing the genetic predictions. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 266(1437), 2515-2522.
110. Kurtz, J., Kalbe, M., Langefors, Å., Mayer, I., Milinski, M., & Hasselquist, D. (2007). An experimental test of the immunocompetence handicap hypothesis in a teleost fish: 11-ketotestosterone suppresses innate immunity in three-spined sticklebacks. *The American Naturalist*, 170(4), 509-519.

111. Lenochová, P., & Havlíček, J. (2011). Fragrant expectations—Changes of female body odour quality during pregnancy and after delivery. In Proc. VIth Eur. Human Behav. Evolution Assoc. Conf., Giessen.
112. Lenochova, P., Roberts, S. C., & Havlicek, J. (2008). Methods of human body odor sampling: the effect of freezing. *Chemical Senses*, 34(2), 127-138.
113. Lenochová, P., Roberts, S. C., & Havlicek, J. (2009). Methods in body odour sampling: The effect of sampling length. *Chemical Senses*, 34, 127-138.
114. Lenochová, P., Vohnoutova, P., Roberts, S. C., Oberzaucher, E., Grammer, K., & Havlíček, J. (2012). Psychology of fragrance use: perception of individual odor and perfume blends reveals a mechanism for idiosyncratic effects on fragrance choice. *PloS one*, 7(3), e33810
115. Leyden, J. J., McGinley, K. J., Hölzle, E., Labows, J. N., & Kligman, A. M. (1981). The microbiology of the human axilla and its relationship to axillary odor. *Journal of Investigative Dermatology*, 77(5), 413-416.
116. Little, A. C., Burt, D. M., Penton-Voak, I. S., & Perrett, D. I. (2001). Self-perceived attractiveness influences human female preferences for sexual dimorphism and symmetry in male faces. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 268(1462), 39-44.
117. Lockshin, M. D. (2005). Sex differences in autoimmune disease. *Handbook of systemic autoimmune diseases*, 4, 3-10.
118. Louisirirothanakul, S., Khupulsup, K., Akraekthalin, S., Chan, K. P., Saw, S., Aw, T. C., ... & Lim, J. (2010). Comparison of the technical and clinical performance of the Elecsys® HBsAg II assay with the Architect®, AxSym®, and Advia® Centaur HBsAg screening assays. *Journal of medical virology*, 82(5), 755-762.
119. Luppá, P., Brückner, C., Schwab, I., Hauck, S., Schmidmayr, S., Birkmayer, C., ... & Hauptmann, H. (1997). 7 α -Biotinylated testosterone derivatives as tracers for a competitive chemiluminescence immunoassay of testosterone in serum. *Clinical chemistry*, 43(12), 2345-2352.
120. Marin, D. P., Bolin, A. P., de Cassia Macedo dos Santos, R., Curi, R., & Otton, R. (2010). Testosterone suppresses oxidative stress in human neutrophils. *Cell biochemistry and function*, 28(5), 394-402.
121. Martin, A., Saathoff, M., Kuhn, F., Max, H., Terstegen, L., & Natsch, A. (2010). A functional ABCC11 allele is essential in the biochemical formation of human axillary odor. *Journal of Investigative Dermatology*, 130(2), 529-540
122. McGraw, K. J., & Ardia, D. R. (2003). Carotenoids, immunocompetence, and the information content of sexual colors: an experimental test. *The American Naturalist*, 162(6), 704-712.
123. McMahon, B. J., Dentinger, C. M., Bruden, D., Zanis, C., Peters, H., Hurlburt, D., ... & Hennessy, T. W. (2009). Antibody levels and protection after hepatitis B vaccine: results of a 22-year follow-up study and response to a booster dose. *The Journal of infectious diseases*, 200(9), 1390-1396.
124. McMurray, R. W., Suwannaroj, S., Ndebele, K., & Jenkins, J. K. (2001). Differential effects of sex steroids on T and B cells: modulation of cell cycle phase distribution, apoptosis and bcl-2 protein levels. *Pathobiology*, 69(1), 44-58.
125. Medzhitov, R., & Janeway Jr, C. (2000). Innate immunity. *New England Journal of Medicine*, 343(5), 338-344.
126. Menveo - Příbalový leták. Příbalový-leták.info - seznam dostupných léků [online]. Copyright © 2018 [cit. 07.08.2018]. Dostupné z: <https://pribalovy-letak.info/menveo>
127. Milinski, M., & Wedekind, C. (2001). Evidence for MHC-correlated perfume preferences in humans. *Behavioral Ecology*, 12(2), 140-149.
128. Mitro, S., Gordon, A. R., Olsson, M. J., & Lundström, J. N. (2012). The smell of age: perception and discrimination of body odors of different ages. *PloS one*, 7(5), e38110.
129. Mizel, S. B. (1989). The interleukins. *The FASEB Journal*, 3(12), 2379-2388.
130. Møller, A. P. (1995). Hormones, handicaps and bright birds. *Trends in Ecology & Evolution*, 10(3), 121.

131. Monaco, J. J. (1992). A molecular model of MHC class-I-restricted antigen processing. *Immunology today*, 13(5), 173-179.
132. Moore, F. R., Al Dujaili, E. A., Cornwell, R. E., Smith, M. L., Lawson, J. F., Sharp, M., & Perrett, D. I. (2011). Cues to sex-and stress-hormones in the human male face: Functions of glucocorticoids in the immunocompetence handicap hypothesis. *Hormones and Behavior*, 60(3), 269-274.
133. Moore, F. R., Cornwell, R. E., Smith, M. L., Al Dujaili, E. A., Sharp, M., & Perrett, D. I. (2011). Evidence for the stress-linked immunocompetence handicap hypothesis in human male faces. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 278(1706), 774-780.
134. Moshkin, M., Litvinova, N., Litvinova, E. A., Bedareva, A., Lutsyuk, A., & Gerlinskaya, L. (2012). Scent recognition of infected status in humans. *The journal of sexual medicine*, 9(12), 3211-3218.
135. Mosmann, T. R., Cherwinski, H., Bond, M. W., Giedlin, M. A., & Coffman, R. L. (1986). Two types of murine helper T cell clone. I. Definition according to profiles of lymphokine activities and secreted proteins. *The Journal of immunology*, 136(7), 2348-2357.
136. Natsch, A., Gfeller, H., Gygax, P., Schmid, J., & Acuna, G. (2003). A specific bacterial aminoacylase cleaves odorant precursors secreted in the human axilla. *Journal of Biological Chemistry*, 278(8), 5718-5727.
137. Natsch, A., Schmid, J., & Flachsman, F. (2004). Identification of Odoriferous Sulfanylalkanols in Human Axilla Secretions and Their Formation through Cleavage of Cysteine Precursors by a C \square S Lyase Isolated from Axilla bacteria. *Chemistry & biodiversity*, 1(7), 1058-1072.
138. Nowak, J., Pawłowski, B., Borkowska, B., Augustyniak, D., & Drulis-Kawa, Z. (2018). No evidence for the immunocompetence handicap hypothesis in male humans. *Scientific reports*, 8(1), 7392.
139. Očkovací kalendář 2018. Ministerstvo zdravotnictví České republiky [online]. Copyright © 2010 [cit. 08.08.2018]. Dostupné z: https://www.mzcr.cz/obsah/ockovacikalendar_891_1.html
140. Okada, T., Konishi, H., Ito, M., Nagura, H., & Asai, J. (1988). Identification of secretory immunoglobulin A in human sweat and sweat glands. *Journal of Investigative Dermatology*, 90(5), 648-651.
141. Olsson, M. J., Lundström, J. N., Kimball, B. A., Gordon, A. R., Karshikoff, B., Hosseini, N., ... & Axelsson, J. (2014). The scent of disease: human body odor contains an early chemosensory cue of sickness. *Psychological science*, 25(3), 817-823.
142. Olsson, M., Wapstra, E., Madsen, T., & Silverin, B. (2000). Testosterone, ticks and travels: a test of the immunocompetence-handicap hypothesis in free-ranging male sand lizards. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 267(1459), 2339-2343.
143. Owens, I. P., & Wilson, K. (1999). Immunocompetence: a neglected life history trait or conspicuous red herring?. *Trends in Ecology & Evolution*, 14(5), 170-172.
144. Pappas, A. (2009). Epidermal surface lipids. *Dermato-endocrinology*, 1(2), 72-76.
145. Park, J. Y., & Kricka, L. J. (2013). Interferences in immunoassay. In *The Immunoassay Handbook (Fourth Edition)* (pp. 403-416).
146. Pause, B. M. (2012). Processing of body odor signals by the human brain. *Chemosensory perception*, 5(1), 55-63.
147. Pause, B. M., Lübke, K., Laudien, J. H., & Ferstl, R. (2010). Intensified neuronal investment in the processing of chemosensory anxiety signals in non-socially anxious and socially anxious individuals. *PloS one*, 5(4), e10342.
148. Pawłowski, B., Nowak, J., Borkowska, B., Augustyniak, D., & Drulis-Kawa, Z. (2017, July). Body height and immune efficacy: testing body stature as a signal of biological quality. In *Proc. R. Soc. B (Vol. 284, No. 1859, p. 20171372)*. The Royal Society.
149. Pedrycz, A., & Kaczerska, D. (2014). Research Paper Medical Science The Use of Saliva in Medical Diagnostics. *Medical Science*, 3(5).
150. Penn, D. J. (2002). The scent of genetic compatibility: sexual selection and the major histocompatibility complex. *Ethology*, 108(1), 1-21.

151. Penn, D. J., Oberzaucher, E., Grammer, K., Fischer, G., Soini, H. A., Wiesler, D., ... & Breton, R. G. (2007). Individual and gender fingerprints in human body odour. *Journal of the Royal society interface*, 4(13), 331-340.
152. Penn, D., & Potts, W. K. (1998). Chemical signals and parasite-mediated sexual selection. *Trends in Ecology & Evolution*, 13(10), 391-396.
153. Pepys, M. B., & Hirschfield, G. M. (2003). C-reactive protein: a critical update. *The Journal of clinical investigation*, 111(12), 1805-1812.
154. Phalane, K. G., Tribe, C., Steel, H. C., Cholo, M. C., & Coetzee, V. (2017). Facial appearance reveals immunity in African men. *Scientific Reports*, 7(1), 7443.
155. Pinc, L., Bartoš, L., Reslova, A., & Kotrba, R. (2011). Dogs discriminate identical twins. *PLoS one*, 6(6), e20704.
156. Pinsky, M. R., Vincent, J. L., Deviere, J., Alegre, M., Kahn, R. J., & Dupont, E. (1993). Serum cytokine levels in human septic shock: relation to multiple-system organ failure and mortality. *Chest*, 103(2), 565-575.
157. Pochi, P. E., Strauss, J. S., & Downing, D. T. (1979). Age-related changes in sebaceous gland activity. *Journal of Investigative Dermatology*, 73(1), 108-111.
158. Porter, R. H., & Moore, J. D. (1981). Human kin recognition by olfactory cues. *Physiology & Behavior*, 27(3), 493-495.
159. Porter, R. H., Balogh, R. D., Cernoch, J. M., & Franchi, C. (1986). Recognition of kin through characteristic body odors. *Chemical Senses*, 11(3), 389-395.
160. Porter, R. H., Cernoch, J. M., & Balogh, R. D. (1985). Odor signatures and kin recognition. *Physiology & behavior*, 34(3), 445-448.
161. Potts, W. K., Manning, C. J., & Wakeland, E. K. (1991). Mating patterns in seminatural populations of mice influenced by MHC genotype. *Nature*, 352(6336), 619.
162. Potts, W. K., Manning, C. J., & Wakeland, E. K. (1994). The role of infectious disease, inbreeding and mating preferences in maintaining MHC genetic diversity: an experimental test. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B*, 346(1317), 369-378.
163. Prehn, A., Ohrt, A., Sojka, B., Ferstl, R., & Pause, B. M. (2006). Chemosensory anxiety signals augment the startle reflex in humans. *Neuroscience letters*, 394(2), 127-130.
164. Prehn-Kristensen, A., Wiesner, C., Bergmann, T. O., Wolff, S., Jansen, O., Mehdorn, H. M., ... & Pause, B. M. (2009). Induction of empathy by the smell of anxiety. *PLoS one*, 4(6), e5987.
165. Probst, F., Fischbacher, U., Lobmaier, J. S., Wirthmüller, U., & Knoch, D. (2017). Men's preferences for women's body odours are not associated with human leucocyte antigen. *Proc. R. Soc. B*, 284(1864), 20171830.
166. Rantala, M. J., Coetzee, V., Moore, F. R., Skrinda, I., Kecko, S., Krama, T., ... & Krams, I. (2013). Facial attractiveness is related to women's cortisol and body fat, but not with immune responsiveness. *Biology letters*, 9(4), 20130255.
167. Rantala, M. J., Eriksson, C. P., Vainikka, A., & Kortet, R. (2006). Male steroid hormones and female preference for male body odor. *Evolution and Human Behavior*, 27(4), 259-269.
168. Rantala, M. J., Jokinen, I., Kortet, R., Vainikka, A., & Suhonen, J. (2002). Do pheromones reveal male immunocompetence?. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 269(1501), 1681-1685.
169. Rantala, M. J., Kortet, R., Kotiaho, J. S., Vainikka, A., & Suhonen, J. (2003). Condition dependence of pheromones and immune function in the grain beetle *Tenebrio molitor*. *Functional Ecology*, 17(4), 534-540.
170. Rantala, M. J., Moore, F. R., Skrinda, I., Krama, T., Kivleniece, I., Kecko, S., & Krams, I. (2012). Evidence for the stress-linked immunocompetence handicap hypothesis in humans. *Nature Communications*, 3, 694.
171. Rees, J., & Shuster, S. (1981). Pubertal induction of sweat gland activity. *Clinical Science*, 60(6), 689-692.
172. Reeves, G. (2007). C-reactive protein. *Australian prescriber*, 30(3), 74-6.

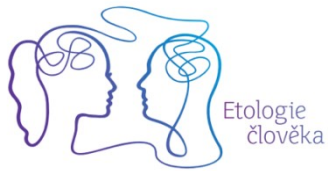
173. Regenbogen, C., Axelsson, J., Lasselin, J., Porada, D. K., Sundelin, T., Peter, M. G., ... & Olsson, M. J. (2017). Behavioral and neural correlates to multisensory detection of sick humans. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(24), 6400-6405.
174. Reichenberg, A., Yirmiya, R., Schuld, A., Kraus, T., Haack, M., Morag, A., & Pollmächer, T. (2001). Cytokine-associated emotional and cognitive disturbances in humans. *Archives of general psychiatry*, 58(5), 445-452.
175. Reinberg, A., Lagoguey, M., Chauffournier, J. M., & Cesselin, F. (1975). Circannual and circadian rhythms in plasma testosterone in five healthy young Parisian males. *Acta endocrinologica*, 80(4), 732-734.
176. Ren, Y., Liu, W., Chen, J., Wang, J., Wang, K., Zhou, J., ... & Xue, D. (2017). A missense variant of the ABCC11 gene is associated with Axillary Osmidrosis susceptibility and clinical phenotypes in the Chinese Han Population. *Scientific reports*, 7, 46335.
177. Ridker, P. M., Rifai, N., Rose, L., Buring, J. E., & Cook, N. R. (2002). Comparison of C-reactive protein and low-density lipoprotein cholesterol levels in the prediction of first cardiovascular events. *New England journal of medicine*, 347(20), 1557-1565.
178. Rikowski, A., & Grammer, K. (1999). Human body odour, symmetry and attractiveness. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 266(1422), 869-874.
179. Roberts, M. L., Buchanan, K. L., & Evans, M. R. (2004). Testing the immunocompetence handicap hypothesis: a review of the evidence. *Animal Behaviour*, 68(2), 227-239.
180. Roberts, M. L., Buchanan, K. L., Bennett, A. T. D., & Evans, M. R. (2007). Mate choice in zebra finches: does corticosterone play a role?. *Animal behaviour*, 74(4), 921-929.
181. Roberts, S. C., Gosling, L. M., Carter, V., & Petrie, M. (2008). MHC-correlated odour preferences in humans and the use of oral contraceptives. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 275(1652), 2715-2722
182. Roberts, S. C., Gosling, L. M., Spector, T. D., Miller, P., Penn, D. J., & Petrie, M. (2005). Body odor similarity in noncohabiting twins. *Chemical senses*, 30(8), 651-656
183. Roubinian, J. R., Papoian, R., & Talal, N. (1977). Androgenic hormones modulate autoantibody responses and improve survival in murine lupus. *The Journal of clinical investigation*, 59(6), 1066-1070.
184. Roubinian, J. R., Talal, N., Greenspan, J. S., Goodman, J. R., & Siiteri, P. K. (1978). Effect of castration and sex hormone treatment on survival, anti-nucleic acid antibodies, and glomerulonephritis in NZB/NZW F1 mice. *Journal of Experimental Medicine*, 147(6), 1568-1583.
185. Russell, M. J. (1976). Human olfactory communication. *Nature*, 260(5551), 520.
186. Sacerdote, P., Limiroli, E., & Gaspani, L. (2013). Experimental evidence for immunomodulatory effects of opioids.
187. Saino, N., Møller, A. P., & Bolzerna, A. M. (1995). Testosterone effects on the immune system and parasite infestations in the barn swallow (*Hirundo rustica*): an experimental test of the immunocompetence hypothesis. *Behavioral Ecology*, 6(4), 397-404.
188. Sankar, B. R., Maran, R. R. M., Sivakumar, R., Govindarajulu, P., & Balasubramanian, K. (2000). Chronic administration of corticosterone impairs LH signal transduction and steroidogenesis in rat Leydig cells. *The Journal of steroid biochemistry and molecular biology*, 72(3-4), 155-162.
189. Santos, P. S. C., Schinemann, J. A., Gabardo, J., & da Graça Bicalho, M. (2005). New evidence that the MHC influences odor perception in humans: a study with 58 Southern Brazilian students. *Hormones and behavior*, 47(4), 384-388.
190. Sato, K. E. N. Z. O., Leidal, R. E. B. E. C. C. A., & Sato, F. (1987). Morphology and development of an apoeccrine sweat gland in human axillae. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 252(1), R166-R180.
191. Segerstrom, S. C., & Miller, G. E. (2004). Psychological stress and the human immune system: a meta-analytic study of 30 years of inquiry. *Psychological bulletin*, 130(4), 601.
192. Settle, R. H., Sommerville, B. A., McCormick, J., & Broom, D. M. (1994). Human scent matching using specially trained dogs. *Animal Behaviour*, 48(6), 1443-1448.

193. Shattuck, E. C., & Muehlenbein, M. P. (2015). Mood, behavior, testosterone, cortisol, and interleukin-6 in adults during immune activation: A pilot study to assess sickness behaviors in humans. *American Journal of Human Biology*, 27(1), 133-135.
194. SHELLEY, W. B., & HURLEY, H. J. (1952). Methods of exploring human apocrine sweat gland physiology. *AMA archives of dermatology and syphilology*, 66(2), 156-161.
195. Shelley, W. B., Hurley, H. J., & Nichols, A. C. (1953). Axillary odor: experimental study of the role of bacteria, apocrine sweat, and deodorants. *Ama archives of Dermatology and Syphilology*, 68(4), 430-446.
196. Shelmire, J. B. (1959). Some interrelations between sebum, sweat and the skin surface. *J Invest Dermatol*, 32(3), 471-472.
197. Shepard, C. W., Simard, E. P., Finelli, L., Fiore, A. E., & Bell, B. P. (2006). Hepatitis B virus infection: epidemiology and vaccination. *Epidemiologic reviews*, 28(1), 112-125.
198. Shirtcliff, E. A., Granger, D. A., Schwartz, E., & Curran, M. J. (2001). Use of salivary biomarkers in biobehavioral research: cotton-based sample collection methods can interfere with salivary immunoassay results. *Psychoneuroendocrinology*, 26(2), 165-173.
199. Schaal, B., & Porter, R. H. (1991). "Microsmatic humans" revisited: the generation and perception of chemical signals. In *Advances in the Study of Behavior* (Vol. 20, pp. 135-199). Academic Press.
200. Schaller, M. (2011). The behavioural immune system and the psychology of human sociality. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 366(1583), 3418-3426.
201. Schaller, M., & Park, J. H. (2011). The behavioral immune system (and why it matters). *Current directions in psychological science*, 20(2), 99-103.
202. Scheib, J. E., Gangestad, S. W., & Thornhill, R. (1999). Facial attractiveness, symmetry and cues of good genes. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 266(1431), 1913-1917.
203. Schitteck, B., Hipfel, R., Sauer, B., Bauer, J., Kalbacher, H., Stevanovic, S., ... & Rassner, G. (2001). Dermcidin: a novel human antibiotic peptide secreted by sweat glands. *Nature immunology*, 2(12), 1133.
204. Schleidt, M. (1980). Personal odor and nonverbal communication. *Evolution and Human Behavior*, 1(3), 225-231.
205. Schleidt, M., Hold, B., & Attili, G. (1981). A cross-cultural study on the attitude towards personal odors. *Journal of Chemical Ecology*, 7(1), 19-31.
206. Schulenburg, H., Kurtz, J., Moret, Y., & Siva-Jothy, M. T. (2009). Introduction. *ecological immunology*.
207. Siegrist, C. A. (2008). Vaccine immunology. *Vaccines*, 5(1), 17-36.
208. Singh, D., & Bronstad, P. M. (2001). Female body odour is a potential cue to ovulation. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 268(1469), 797-801.
209. Sjogren, M. H. (2005). Prevention of hepatitis B in nonresponders to initial hepatitis B virus vaccination. *The American journal of medicine*, 118(10), 34-39.
210. Stanley, J. (2002). *Essentials of immunology & serology*. Cengage Learning.
211. Stattkus, D. (2006). *Help! I'm sweating!*. Dietmar Stattkus.
212. Stephen, I. D., Coetzee, V., & Perrett, D. I. (2011). Carotenoid and melanin pigment coloration affect perceived human health. *Evolution and Human Behavior*, 32(3), 216-227.
213. Šebesta, P., Kleisner, K., Tureček, P., Kočnar, T., Akoko, R. M., Třebický, V., & Havlíček, J. (2017). Voices of Africa: acoustic predictors of human male vocal attractiveness. *Animal Behaviour*, 127, 205-211.
214. Štern, P. (2016). Pokroky v imunoanalýzách s luminiscenční a elektrochemickou detekcí. *Klinická biochemie a metabolismus*, 24(3).
215. Takumi, N., Shirakawa, H., Ohsaki, Y., Ito, A., Watanabe, T., Giriwono, P. E., ... & Komai, M. (2011). Dietary vitamin K alleviates the reduction in testosterone production induced by lipopolysaccharide administration in rat testis. *Food & function*, 2(7), 406-411.

216. Testosteron v séru - Prevedig. Domů - Prevedig [online]. Dostupné z: <https://www.prevedig.cz/seznam-vysetreni/76-t/184-.html>
217. Thody, A. J., & Shuster, S. (1989). Control and function of sebaceous glands. *Physiological reviews*, 69(2), 383-416.
218. Thornhill, R., & Gangestad, S. W. (1999). Facial attractiveness. *Trends in cognitive sciences*, 3(12), 452-460.
219. Thornhill, R., & Gangestad, S. W. (1999). The scent of symmetry: a human sex pheromone that signals fitness?. *Evolution and human behavior*, 20(3), 175-201.
220. Thornhill, R., Chapman, J. F., & Gangestad, S. W. (2013). Women's preferences for men's scents associated with testosterone and cortisol levels: Patterns across the ovulatory cycle. *Evolution and Human Behavior*, 34(3), 216-221.
221. Trigunaitė, A., Dimo, J., & Jørgensen, T. N. (2015). Suppressive effects of androgens on the immune system. *Cellular immunology*, 294(2), 87-94.
222. Trivers, R. (1972). Parental investment and sexual selection (Vol. 136, p. 179). Cambridge: Biological Laboratories, Harvard University.
223. Troccaz, M., Starkenmann, C., Niclass, Y., van de Waal, M., & Clark, A. J. (2004). 3-Methyl-3-sulfanylhexan-1-ol as a major descriptor for the human axilla-sweat odour profile. *Chemistry & biodiversity*, 1(7), 1022-1035.
224. Trowsdale, J. (2011). The MHC, disease and selection. *Immunology letters*, 137(1-2), 1-8.
225. Třebický, V., Fialová, J., Kleisner, K., & Havlíček, J. (2016). Focal length affects depicted shape and perception of facial images. *PloS one*, 11(2), e0149313.
226. Tsigos, C., & Chrousos, G. P. (2002). Hypothalamic–pituitary–adrenal axis, neuroendocrine factors and stress. *Journal of psychosomatic research*, 53(4), 865-871.
227. Twinrix Adult - Příbalový leták. Příbalový-leták.info - seznam dostupných léků [online]. Copyright © 2018 [cit. 07.08.2018]. Dostupné z: <https://pribalovy-letak.info/twinrix-adult>
228. Usonis, V., Kühnl, P., Brede, H. D., & Doerr, H. W. (1986). Humoral immune response after hepatitis-B-vaccination: kinetics of anti-HBs antibodies and demonstration of HLA antigens. *Zentralblatt für Bakteriologie, Mikrobiologie und Hygiene. Series A: Medical Microbiology, Infectious Diseases, Virology, Parasitology*, 262(3), 377-384.
229. Vining, R. F., McGinley, R. A., Maksvytis, J. J., & Ho, K. Y. (1983). Salivary cortisol: a better measure of adrenal cortical function than serum cortisol. *Annals of clinical biochemistry*, 20(6), 329-335.
230. Wang, J. P., Zhang, L., Madera, R. F., Woda, M., & Libraty, D. H. (2012). Plasmacytoid dendritic cell interferon- α production to R-848 stimulation is decreased in male infants. *BMC immunology*, 13(1), 35.
231. Watson, P. J., & Thornhill, R. (1994). Fluctuating asymmetry and sexual selection. *Trends in Ecology & Evolution*, 9(1), 21-25.
232. Wedekind, C., & Folstad, I. (1994). Adaptive or nonadaptive immunosuppression by sex hormones?. *The American Naturalist*, 143(5), 936-938.
233. Wedekind, C., & Furi, S. (1997). Body odour preferences in men and women: do they aim for specific MHC combinations or simply heterozygosity?. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 264(1387), 1471-1479.
234. Wedekind, C., Seebeck, T., Bettens, F., & Paepke, A. J. (1995). MHC-dependent mate preferences in humans. *Proc. R. Soc. Lond. B*, 260(1359), 245-249.
235. Wegner, K. M., Reusch, T. B. H., & Kalbe, M. (2003). Multiple parasites are driving major histocompatibility complex polymorphism in the wild. *Journal of evolutionary biology*, 16(2), 224-232.
236. Weinstein, N. D. (1984). Why it won't happen to me: perceptions of risk factors and susceptibility. *Health psychology*, 3(5), 431.
237. Weisfeld, G. E., Czilli, T., Phillips, K. A., Gall, J. A., & Lichtman, C. M. (2003). Possible olfaction-based mechanisms in human kin recognition and inbreeding avoidance. *Journal of experimental child psychology*, 85(3), 279-295.

238. WEITZMAN, E. D., ZIMMERMAN, J. C., CZEISLER, C. A., & RONDA, J. (1983). Cortisol secretion is inhibited during sleep in normal man. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 56(2), 352-358.
239. Weller, A. (1998). Human pheromones: Communication through body odour. *Nature*, 392(6672), 126.
240. West, D. J., & Calandra, G. B. (1996). Vaccine induced immunologic memory for hepatitis B surface antigen: implications for policy on booster vaccination. *Vaccine*, 14(11), 1019-1027.
241. Wilke, K., Martin, A., Terstegen, L., & Biel, S. S. (2007). A short history of sweat gland biology. *International journal of cosmetic science*, 29(3), 169-179.
242. Winternitz, J., Abbate, J. L., Huchard, E., Havlíček, J., & Garamszegi, L. Z. (2017). Patterns of MHC-dependent mate selection in humans and nonhuman primates: a meta-analysis. *Molecular ecology*, 26(2), 668-688.
243. Wyatt, T. D. (2015). The search for human pheromones: the lost decades and the necessity of returning to first principles. *Proc. R. Soc. B*, 282(1804), 20142994.
244. Yamazaki, K., Boyse, E. A., Mike, V., Thaler, H. T., Mathieson, B. J., Abbott, J., ... & Thomas, L. (1976). Control of mating preferences in mice by genes in the major histocompatibility complex. *Journal of Experimental Medicine*, 144(5), 1324-1335.
245. Yamazaki, K., Yamaguchi, M., Baranoski, L., Bard, J., Boyse, E. A., & Thomas, L. (1979). Recognition among mice. Evidence from the use of a Y-maze differentially scented by congenic mice of different major histocompatibility types. *Journal of Experimental Medicine*, 150(4), 755-760.
246. Zahavi, A. (1975). Mate selection—a selection for a handicap. *Journal of theoretical Biology*, 53(1), 205-214.
247. Zala, S. M., Bilak, A., Perkins, M., Potts, W. K., & Penn, D. J. (2015). Female house mice initially shun infected males, but do not avoid mating with them. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 69(5), 715-722.
248. Zala, S. M., Potts, W. K., & Penn, D. J. (2004). Scent-marking displays provide honest signals of health and infection. *Behavioral Ecology*, 15(2), 338-344.
249. Zeng, X. N., Leyden, J. J., Lawley, H. J., Sawano, K., Nohara, I., & Preti, G. (1991). Analysis of characteristic odors from human male axillae. *Journal of Chemical Ecology*, 17(7), 1469-1492.
250. Zouboulis, C. C. (2004). Acne and sebaceous gland function. *Clinics in dermatology*, 22(5), 360-366.
251. Zuk, M., Johnsen, T. S., & MacLarty, T. (1995). Endocrine-immune interactions, ornaments and mate choice in red jungle fowl. *Proc. R. Soc. Lond. B*, 260(1358), 205-210.
252. Zuniga, A., Stevenson, R. J., Mahmut, M. K., & Stephen, I. D. (2017). Diet quality and the attractiveness of male body odor. *Evolution and Human Behavior*, 38(1), 136-143.

PŘÍLOHA A



Dotazník na obecné zdraví

ID:

DATUM:

Prosím zhodnoťte, jak často trpíte následujícími obtížemi

1. Bolesti hlavy
 Méně než jednou za rok Jednou za rok Dvakrát ročně Jednou měsíčně Častěji
2. Rýma
 Méně než jednou za rok Jednou za rok Dvakrát ročně Jednou měsíčně Častěji
3. Nauzea, nevolnosti
 Méně než jednou za rok Jednou za rok Dvakrát ročně Jednou měsíčně Častěji
4. Bolesti svalů a křeče
 Méně než jednou za rok Jednou za rok Dvakrát ročně Jednou měsíčně Častěji
5. Bolest v krku nebo kašel
 Méně než jednou za rok Jednou za rok Dvakrát ročně Jednou měsíčně Častěji
6. Bolesti zad
 Méně než jednou za rok Jednou za rok Dvakrát ročně Jednou měsíčně Častěji
7. Nervozita, chvění
 Méně než jednou za rok Jednou za rok Dvakrát ročně Jednou měsíčně Častěji
8. Věnujete se nějakým sportovním aktivitám Ne Ano

Pokud ano, prosím upřesněte:

PŘÍLOHA A

9. Jak často se věnujete sportovním aktivitám?

- Jednou za rok Méně než jednou za měsíc Jednou za měsíc Jednou týdně Častěji

Děkujeme za váš čas!



DOTAZNÍK PO SBĚRU VZORKŮ

ID

Prosíme, uvádějte do dotazníku pouze pravdivé údaje. Pokud nechcete na některou z otázek odpovídat, raději ji přeskočte, nežli byste odpovídal nepravdivě. Dotazník je zcela anonymní, tj. veškeré údaje budou spojovány pouze s vaším ID, nikoliv jménem. Všechny získané informace budou využity pouze k vědeckým účelům a nebudou poskytovány třetím stranám.

1. Věk:

.....

...

2. Jak velká byla obec, ve které jste převážně vyrůstal/žil do 15 let?

v obci nad 1 milion obyvatel	v obci s 10 tisíci až 30 tisíci obyvateli
v obci se 100 tisíci až 1 milionem obyvatel	v obci se 3 tisíci až 10 tisíci obyvateli
v obci s 50 tisíci až 100 tisíci obyvateli	v obci s 1 tisícem až 3 tisíci obyvateli
v obci se 30 tisíci až 50 tisíci obyvateli	v obci do 1 tisíce obyvatel

3. Jak velká je obec, ve které ŽIJETE nyní?

v obci nad 1 milion obyvatel	v obci s 10 tisíci až 30 tisíci obyvateli
v obci se 100 tisíci až 1 milionem obyvatel	v obci se 3 tisíci až 10 tisíci obyvateli
v obci s 50 tisíci až 100 tisíci obyvateli	v obci s 1 tisícem až 3 tisíci obyvateli
v obci se 30 tisíci až 50 tisíci obyvateli	v obci do 1 tisíce obyvatel

PŘÍLOHA B

4. Jaké je Vaše nejvyšší dosažené vzdělání?

neukončené základní vzdělání nebo základní vzdělání	vyšší odborné vzdělání (Dis.)
střední odborné (bez maturity)	bakalářské (Bc., BcA.)
úplné střední (s maturitou)	magisterské (Ing., MUDr., JUDr., PhDr., Mgr., aj.)
nástavbové studium (včetně pomaturitního studia)	doktorské (Ph.D., ThD., DrSc., CSc.)

5. Jaké je Vaše zaměstnání (*uvedte název pozice, kterou vykonáváte, například instalatér, manažerka; pokud studujete, uveďte název oboru, například andragogika; pokud studujete i pracujete, uveďte jak pozici, kterou vykonáváte, tak obor, který studujete*)?

pracuji (do pole vepište pozici)	
studuji (do pole vepište obor)	
pracuji a studuji (do pole vepište pozici a obor)	
V současnosti nepracuji ani nestuduji	

6. Kouříte? ANO – NE (Pokud ano, kolik cigaret denně?

.....)

7. Kouřil jste během posledních 48 hodin? ANO – NE

8. Kouří někdo, s nímž žijete ve společné domácnosti? ANO – NE

9. Jedl jste během posledních 48 hodin pokrm obsahující cibuli, česnek, ocet, chilli, pepř, feferonky, plísňové a zrající sýry, ředkvičky, zelí, majonézu, nakládané ryby, kysané mléčné výrobky? ANO – NE

○ Pokud ano, které ingredience a v jakém množství:

.....
.....
.....
.....

PŘÍLOHA B

10. Pil jste posledních 48 hodin alkohol nebo užíval jinou drogu (nezahrnuje čaj ani kávu)? ANO – NE

- Pokud ano, které a v jakém množství:

.....
.....
.....
.....

11. Měl jste během posledních 48 hodin zvýšenou fyzickou aktivitu? ANO – NE

- Pokud ano, o jakou aktivitu šlo, jak dlouho a který den „diety“ byla prováděna?

.....
.....
.....
.....

12. Používal jste během posledních 48 hodin deodorant, antiperspirant, parfém, vodu po holení, sprchový gel nebo parfémované mýdlo? ANO – NE

- Pokud ano, o jaký produkt se jednalo a použil jste ho první nebo druhý den „diety“?

.....
.....
.....

13. Používáte běžně deodorant, antiperspirant nebo parfém? ANO – NE

- Pokud ano, jak často a uveďte značku

.....
.....

PŘÍLOHA B

.....

....

14. Užíváte pravidelně nějaké léky? ANO – NE

- Pokud ano, jaké?

.....

.....

15. Trpíte nějakými dermatologickými potížemi? ANO – NE

- Pokud ano, jakými a kde na těle?

.....

.....

.....

16. Je Vám vlastní pach příjemný?

Velmi nepříjemný	1	2	3	4	5	6	7	Velmi příjemný
------------------	---	---	---	---	---	---	---	----------------

17. Považujete vlastní pach za atraktivní pro jiné osoby?

Rozhodně ne	1	2	3	4	5	6	7	Rozhodně ano
-------------	---	---	---	---	---	---	---	--------------

18. Myslíte si, že jste pro ženy atraktivní?

Ne	1	2	3	4	5	6	7	Ano
----	---	---	---	---	---	---	---	-----

19. Jaká je hustota vašeho ochlupení v podpaží?

Velmi řídká	1	2	3	4	5	6	7	Velmi hustá
-------------	---	---	---	---	---	---	---	-------------

20. Jak moc se potíte v podpaží?

Vůbec	1	2	3	4	5	6	7	Velmi
-------	---	---	---	---	---	---	---	-------

PŘÍLOHA B

21. Holíte se v podpaží? ANO – NE

- Pokud ano, kdy jste se holil naposledy?

.....

22. Jaká je vaše sexuální orientace?

Heterosexuální	1	2	3	4	5	6	7	Homosexuální
----------------	---	---	---	---	---	---	---	--------------

23. Máte v současné době partnera/partnerku? ANO – NE

24. Spal jste dnes v noci s partnerem/partnerkou v jedné posteli? ANO – NE

25. Měl jste v posledních 24 hodinách pohlavní styk? ANO – NE

26. Spal jste dnes v noci s domácím mazlíčkem v jedné posteli? ANO – NE

27. Absolvoval jste v poslední době pobyt u moře či na horách (tj. s vyšší mírou slunečního svitu)?

ANO – NE

- Pokud ano, kdy? (např. před týdnem, před dvěma měsíci)

.....

28. Chodíte pravidelně do solária? ANO – NE

- Pokud ano, jak často? (např. 1 × týdně, 1 × měsíčně)

.....

.....

....

29. Používáte samoopalovací krém? ANO – NE

- Pokud ano, jak často? (např. 1 × týdně, 1 × měsíčně)

.....

.....

-

PŘÍLOHA B

30. Trávíte běžně větší část dne venku? ANO – NE

31. Konzumujete zeleninu (žlutou, červenou, oranžovou), smoothies či doplňky stravy s beta-karotenem?

- Pokud ano, které a jak často? (např. 1 × týdně, 1 × měsíčně)

.....
.....

Děkujeme za spolupráci!



STUDIE SOUVISLOSTI REAKTIVITY IMUNITNÍHO SYSTÉMU A ATRAKTIVITY

Dobrý den,

tímto Vám děkujeme za účast v našem výzkumu, jehož cílem je testovat, zda existuje vztah mezi reaktivitou imunitního systému a atraktivitou. V předchozích studiích se ukázalo, že vzhledem ke genetickým základům je tělesná vůně člověka individuální a poměrně konstantní v čase. Rovněž je však ovlivňována různými faktory, mezi něž patří stravovací návyky, hormonální změny, ale také zdravotní stav. Podobně je také lidský obličej zdrojem informací o poměrně stabilních charakteristikách jako je věk či pohlaví, ovšem faktory jako složení stravy či zdraví jeho vzhled do jisté míry ovlivňují taktéž. V naší studii se zaměřujeme právě na zdravotní stav a s ním související efektivitu imunitního systému – tj. odolností proti patogenům a schopností vypořádat se s případným onemocněním. Tělesná vůně a lidská tvář by totiž mohly být jedním z ukazatelů zdraví a kvalitní genetické výbavy při výběru potenciálního partnera. U řady druhů savců se tato souvislost ukazuje, ale u člověka je toto téma zatím velmi málo studované. Proto chceme v našem výzkumu zjistit, zda budou tělesná vůně a obličej mužů s efektivnějším imunitním systémem ženami hodnoceny jako atraktivnější.

Za tímto účelem jsme od Vás získali vzorky tělesné vůně, standardizované fotografie obličeje a byla Vám odebrána krev po očkování proti meningokoku a hepatitidě typu A a B. Vzorky tělesné vůně poté bude hodnotit skupina žen z hlediska jejich atraktivity, příjemnosti, zdraví a intenzity a fotografie ohledně jejich atraktivity a zdraví. Z výsledků, které získáme z hodnocení žen a laboratorních analýz vzorků na hladiny protilátek v krvi budeme moci zjistit, zda existuje vztah mezi atraktivitou a kvalitou imunitního systému.

Tato studie je realizována v rámci diplomových prací na Katedře zoologie na Přírodovědecké fakultě a Katedře obecné antropologie na Fakultě humanitních studií Univerzity Karlovy. V případě jakýchkoliv dotazů nebo připomínek kontaktujte

PŘÍLOHA C

Dagmar Schwambergovou a Žanetu Slámovou na emailové adrese **vyzkum.imunita@email.cz** nebo na telefonu 607 634 145.

Děkujeme za spolupráci!

Bc. Dagmar Schwambergová, Bc. Žaneta Slámová, Mgr. Jitka Fialová, doc. Jan Havlíček, Ph.D.