

Univerzita Karlova
Přírodovědecká fakulta

Studijní program: Biologie
Studijní obor: Fyziologie živočichů



Bc. Nicol Schlezingerová

**Psychofyziologické koreláty vyvolané vizuálními potravinovými stimuly během
hladu a sytosti**

Psychophysiological correlates induced by visual food stimuli during hunger and satiety

Diplomová práce

Vedoucí práce: Mgr. Petr Telenský, Ph.D.

Praha, 2022

Prohlášení

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

V Praze 11. 8. 2022

Podpis

Poděkování:

Ráda bych touto cestou vyjádřila poděkování mému školiteli Mgr. Petru Telenskému Ph.D. za jeho cenné rady a pomoc, které mi v průběhu zpracování diplomové práce věnoval. Také děkuji Mgr. Martinovi Kocourkovi za pomoc se zpracováním dat. Poděkování patří také mé rodině a přátelům za podporu a trpělivost při studiu i zpracování diplomové práce.

Tato práce byla realizována s finanční podporou grantu č. 652320 poskytnutého GA UK.

Abstrakt

Obezita a její narůstající prevalence přispívá k rozvoji řady závažných civilizačních problémů, včetně cukrovky druhého typu, metabolického syndromu, a řady kardiovaskulárních, onkologických i neuropsychiatrických onemocnění. Je proto důležité porozumět řízení příjmu potravy člověka na behaviorální úrovni včetně vlivu maladaptivních faktorů, jakým je například časté vystavení moderního člověka vizuálním vysokokalorickým potravinovým podnětům.

V této práci byly zkoumány změny zrakové pozornosti a vybrané psychofyziologické koreláty (elektrodermální odpověď a slinné biomarkery alfa-amylázu a kortizol) v odpovědi na vizuální potravinové podněty u zdravých, dospělých neobézních (BMI <25) dobrovolníků obou pohlaví. Po úvodním dotazníku na sebehodnocení stavu nasycení, odběru vzorku slin a instruktáži byly subjektům prezentovány na monitoru počítače vizuální podněty třech kategorií – vysokokalorické, nízkokalorické a nepotravinové. Vizuální pozornost k podnětům byla zjišťována pomocí sledování očních pohybů metodou eye-tracking a na závěr sezení byla testována pomocí modifikovaného Stroopova testu (tzv. Food Stroop test). V průběhu sezení byla měřena elektrodermální aktivita a na závěr sezení byl odebrán druhý vzorek slin a vyplněn závěrečný dotazník o vnímaném stavu nasycení.

Ve studii se nenašly signifikantní rozdíly elektrodermální aktivity ani vizuální pozornosti podle typu prezentovaných podnětů. Zjistili jsme však některé rozdíly mezi skupinami hladových a nasycených. Například úpadek vizuální pozornosti byl výraznější u hladových. Ti také měli delší reakční časy ve Food Stroop testu. Ukázalo se že slinná alfa-amyláza představuje slibný marker hladu.

Naše výsledky tedy nepotvrdily předpoklad, že potravinové vizuální podněty specificky mění fyziologické parametry a vizuální pozornost, avšak ukázaly, že i mírný hlad má měřitelné dopady na zrakovou pozornost a fyziologické koreláty aktivity autonomního nervového systému.

Klíčová slova: elektrodermální aktivita, eye-tracking, obezita, psychofyziologické koreláty, řízení příjmu potravy, slinné markery, testy pozornosti, vizuální potravinové stimuly

Abstract

Obesity and its increasing prevalence contribute to the development of diseases of affluence, including type 2 diabetes, metabolic syndrome, and several cardiovascular, oncological and neuropsychiatric diseases. Therefore, it is important to understand the mechanism of food intake at the behavioural level, including the influence of maladaptive factors, such as the frequent exposure to visual high-calorie food stimuli in modern society.

In this work, changes in visual attention and selected psychophysiological correlates (electrodermal activity and salivary biomarkers alpha-amylase and cortisol) in response to visual food stimuli were investigated in healthy, adult non-obese (BMI < 25) volunteers of both sexes.

We investigated changes of psychophysiological correlates like visual attention, electrodermal activity and salivary biomarkers (alpha-amylase and cortisol) in response to visual food stimuli in healthy, adult, non-obese (BMI < 25) volunteers of both sexes.

Experiment started with questionnaire for self measuring hunger and satiety, saliva sampling and then subject were instructed for presentation of visual food cues of three categories – high-calorie, low-calorie and non-food – they were presented to the subjects on a computer screen. Visual attention to the stimuli was determined using the eye-tracking method and at the end of the session it was tested using a modified Stroop test (Food Stroop test). During the session, electrodermal activity was measured, and at the end of the session, a second saliva sample was taken and a final questionnaire about perceived satiety was filled out.

The study did not find significant differences in electrodermal activity or visual attention according to the type of stimuli presented. However, we found some differences between the hungry and satiated groups. For example, the decline in visual attention was more pronounced in those who were hungry. They also had longer reaction times in the Food Stroop test. Salivary alpha-amylase has been shown to be a promising marker of hunger.

Thus, our results did not confirm the assumption that food visual stimuli specifically change physiological parameters and visual attention, but showed that even mild hunger has measurable effects on visual attention and physiological correlates of autonomic nervous system activity.

Keywords: attention tests, electrodermal activity, eye-tracking, food intake control, obesity, psychophysiological correlates, salivary markers, visual food stimuli

Obsah

SEZNAM OBRÁZKŮ	8
SEZNAM TABULEK	9
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK	10
1 ÚVOD	11
2 LITERÁRNÍ PŘEHLED	12
2.1 EPIDEMIOLOGIE OBEZITY	12
2.1.1 Příčiny obezity	12
2.2 SYSTÉM ŘÍZENÍ PŘÍJMU POTRAVY	13
2.2.1 Homeostatický hlad	14
2.2.2 Hedonický hlad	14
2.3 PSYCHOFYZIOLOGIE	16
2.3.1 Autonomní nervový systém	16
2.3.2 Vybrané psychofyziologické metody	17
2.4 PSYCHOFYZIOLOGICKÉ REAKCE NA POTRAVINOVÉ PODNĚTY	24
2.4.1 Pozornostní selekce, elektrodermální aktivita, eye tracking	25
2.4.2 Slinná alfa-amyláza a kortizol	27
2.4.3 Vliv hladu na pozornostní selekci	28
3 CÍLE DIPLOMOVÉ PRÁCE	30
4 MATERIÁL A METODY	31
4.1 EXPERIMENTÁLNÍ SEZENÍ	31
4.1.1 Odběr slin	31
4.1.2 Měření eye-trackingu	32
4.1.3 Měření elektrodermální aktivity	32
4.1.4 Prezentace vizuálních potravinových stimulů	32
4.1.5 Food Stroop test	33
4.1.6 Dotazníky	34
4.2 ZPRACOVÁNÍ VZORKŮ A ANALÝZA DAT	34
4.2.1 ELISA	34
4.2.2 Eye-trackingová data	37
4.2.3 Elektrodermální data	37
4.2.4 Food Stroop test data	37
4.2.5 Dotazníková data	38
4.2.6 Statistická analýza dat	38
5 VÝSLEDKY	39
5.1 KORELÁTY POTRAVINOVÝCH STIMULŮ	39
5.1.1 Dotazníky	39

5.1.2	<i>Vizuální pozornost</i>	39
5.1.3	<i>Food Stroop test</i>	42
5.1.4	<i>Elektrodermální aktivita</i>	43
5.1.5	<i>Slinné markery</i>	45
6	DISKUSE	48
6.1	EYE-TRACKING	48
6.2	FOOD STROOP TEST	49
6.3	ELEKTRODERMÁLNÍ AKTIVITA	49
6.4	SLINNÉ MARKERY.....	50
6.4.1	<i>Kortizol</i>	50
6.4.2	<i>Alfa-amyláza</i>	50
6.5	DOTAZNÍKY	51
7	ZÁVĚR	52
8	SEZNAM LITERATURY	53
	SEZNAM PŘÍLOH	60

Seznam obrázků

Obr. 1: Hlavní aferenty spojující mozková centra pro cílené chování s NAc a VTA	15
Obr. 2: Umístění elektrod pro měření elektrodermální aktivity	18
Obr. 3: Grafické znázornění EDA parametrů	19
Obr. 4: Schéma rozložení komponentů kožní vodivosti.....	19
Obr. 5: Schéma fyziologické kaskády zapojené do osy hypotalamus-hypofýza- nadledviny (HPA)	23
Obr. 6: Ukázka samoodběru slin.....	31
Obr. 7: Zapojení a propojení eye-trackingového a elektrodermálního měření.....	32
Obr. 8: Desing prezentace stimulů.....	33
Obr. 9: Design prezentace Food Stroop Test.....	34
Obr. 10: Výsledky dotazníkového subjektivního sebehodnocení aktuálního stavu hladu a sytosti.....	39
Obr. 11: Výsledky počtu fixací.....	40
Obr. 12: Výsledky celkového času fixace	41
Obr. 13: Výsledky korelace délky fixace na pořadí podnětu.....	41
Obr. 14: Výsledky korelace sumy délek fixace na pořadí podnětu	42
Obr. 15: Výsledky korelace průměrného trvání fixace na pořadí podnětu.....	42
Obr. 16: Výsledky Food Stroop testu	43
Obr. 17: Výsledky SCL	44
Obr. 18: Výsledky Latence	44
Obr. 19: Výsledky SCR Amplituda	45
Obr. 20: Výsledky SCR Rise time	45
Obr. 21: Výsledek koncentrací slinného kortizolu před začátkem sezení a po skončení sezení.....	46
Obr. 22: Výsledek koncentrace slinné alfa-amylázy před začátkem sezení a po skončení sezení.....	46
Obr. 23: Výsledek korelace hodnot subjektivního hladu a koncentrace slinné alfa- amylázy před začátkem sezení.	47
Obr. 24: Výsledek korelace hodnot subjektivního hladu a koncentrace slinné alfa- amylázy po konci sezení	47

Seznam tabulek

Tabulka 1: Parametry elektrodermální aktivity a jejich typické hodnoty a jednotky..... 20

Seznam použitých zkratek

ACTH	Adrenokortikotropný hormon
AgRP	Agouti-related protein
ANS	Autonomní nervový systém
ARC	Nucleus arcuatus
AMG	Amygdala
BMI	Index tělesné hmotnosti (body mass index)
CART	Cocaine amphetamine regulated transcript
CRH	Hormon kortikotropin
DMH	Dorzolmediální hypotalamické jádro
EDA	Elektrodermální aktivita
EEG	Elektroencefalografie
ELISA	Imunoenzymatická metoda
FTO	Gen spojený s tukovou hmotou a obezitou (Fat mass and obesity associated)
GABA	Kyselina gama aminomáselná
GIT	Gastrointestinální systém
GSR	Galvanická kožní odezva
HPA	Osa – hypotalamus-hypofýza-nadledviny
LHA	Laterální hypotalamická oblast
MC4R	Melanokortinový receptor 4
NAc	Nucleus Accumbens
NPY	Neuropeptid Y
PGR	Psychogalvanický reflex
POMC	Proopiomelanokortin
PVN	Nucleus paraventricularis
SCL	Hladina kožní vodivosti (Skin conductance level)
SCR	Reakce vodivosti kůže (Skin conductance response)
TMB	Tetramethylbenzidin
VTA	Ventralní tegementální oblast
WHO	Světová zdravotnická organizace (World Health Organization)

1 Úvod

Obezita se stala alarmujícím problémem, který v průběhu posledních desetiletí přešel do pandemie a zhoršuje lidem kvalitu života i zdraví (WHO, 2021). Lidé jídlom často neřeší jenom biologickou potřebu organismu, ale konzumují jej nad rámec svých fyziologických potřeb a dlouhodobě tak mají nevyváženou energetickou bilanci. Jednou z příčin, proč k tomuto dochází, je možná všudypřítomnost potravinových podnětů, na které náš organizmus reaguje na emoční úrovni.

Psychofyziologie je vědní obor, který zkoumá vztahy emocionálních procesů a fyziologických dějů. Díky němu je možné bližší posouzení reakcí autonomního nervového systému na potravinové podněty. Mezi psychofyziologické metody, kterými se studují různé biologické signály našeho těla, patří např. eye-tracking, měření elektrodermální aktivity, variabilita srdečního rytmu a mnoho dalších, zahrnujících různé neurovizuální metody či slinné biomarkery.

Výsledky studií přinášejí rozporuplné výsledky, proto je stále více žádoucí hledat nové strategie, které by pomohly objasnit mechanismy působení potravinových podnětů a tyto informace využít pro pochopení a prevenci obezity a souvisejících komorbidit.

Tato diplomová práce na téma Psychofyziologické koreláty vyvolané vizuálními potravinovými stimuly během hladu a sytosti se zabývala zkoumáním reakcí zdravých lidí s normálním BMI na vizuální potravinové podněty a zjišťovala rozdíly v jejich reakcích ve stavu hladu a stavu sytosti.

Psychofyziologická data byla získána pomocí měření elektrodermální aktivity, eye-trackingu a pozornostních testů a také, v současnosti s méně využívanými, slinnými markery.

2 Literární přehled

2.1 Epidemiologie obezity

Obezita je globálně rozšířený problém, o kterém se čím dál častěji mluví jako o epidemii. Od roku 1975 se totiž její výskyt téměř ztrojnásobil (WHO, 2021). Podle dostupných statistik ze světové zdravotnické organizace (WHO) byly v roce 2016 téměř 2 miliardy dospělých na světě s nadváhou, z toho přes 650 milionů lidí trpělo obezitou. Z celkových 13 % obézních lidí v dospělé populaci je 11 % mužů a 15 % žen. Tento zdravotní problém se však netýká pouze dospělých, v roce 2020 bylo evidováno 39 milionů dětí pod 5 let s nadváhou nebo obézních (WHO, 2021).

Obezita je multifaktoriální onemocnění, ke kterému dochází především tehdy, kdy příjem kalorií dlouhodobě převyšuje výdej energie, s následným ukládáním tukové tkáně a přírůstkem hmotnosti. Faktory odpovědné za obezitu můžeme rozřadit jako biologické, environmentální a behaviorální. Tyto kategorie mezi sebou často interagují.

Při obezitě je typická nerovnováha zvýšené konzumace potravin, ve které převažují tuky a cukry a sníženým výdejem energie, tedy menší fyzickou aktivitou i z důvodu sedavého životního stylu. Obezita přispívá k rozvoji řady onemocnění naší společnosti jako např. diabetes II. typu, kardiovaskulární onemocnění, osteoartritida, psychické poruchy či některá nádorová onemocnění, které ovlivňují kvalitu a délku života (Kadouh & Acosta, 2017; WHO, 2021).

Charakteristikou obezity je nadbytek tělesného tuku. Ke sledování změn tělesné hmotnosti a hodnocení obezity se nejčastěji používá Body Mass Index (BMI) – index tělesné hmotnosti. Statistický index popisuje relativní hmotnost k výšce, významně koreluje s celkovým obsahem tuku v těle. BMI je stanoven jako hmotnost (kg) děleno výška (m) na druhou. Výsledek z této rovnice je pak hodnotou BMI daného jedince. BMI kategorie jsou podváha, normální hmotnost, nadváha a obezita. BMI hodnoty 30 a více se klasifikují jako obezita. (Donato, 1998; WHO, 2021)

2.1.1 Příčiny obezity

Příčiny obezity jsou rozmanité a komplexní a lze je přičíst biologickým, environmentálním a behaviorální faktorům.

Mezi biologické faktory spojené s obezitou se nejčastěji zahrnuje genetická predispozice. Genomové studie ukazují, že s obezitou je spojeno více než 100 genů. Pro studium genetických příčin obezity se používají tzv. kandidátní geny, jejichž funkci známe, a kde je předpoklad, že by mohly mít souvislost s obezitou. Kandidátní geny buď mají predispozice k obezitě (obezogenní geny) nebo naopak podporují štíhlost (leptogenní geny) [(Hainer et al., 2008)].

Geneticky vyvolanou obezitu lze rozdělit na několik podkategorií. Při defektu jednoho genu se jedná o monogenní obezitu. Jedná se o geny, které souvisí se systémem regulujícím chuť k jídlu a hmotnost, např. geny pro leptin, leptinový receptor nebo proopiomelanokortin. Další podkategorií je syndromová obezita spojená s vývojovými abnormalitami. Syndromové formy obezity jsou často spojeny s fenotypy, které zahrnují mentální postižení nebo orgánové

abnormality, jednou z nejrozšířenějších je Praderův-Williho syndrom (Thaker, 2017). Většina obezity je však tzv. polygenní, tedy zahrnuje komplexní interakce mezi geny nebo mezi geny a prostředím. Geny, které se na této obezitě podílejí, se obecně týkají i regulace příjmu a výdeje energie např. gen receptoru melanokortinu-4 či FTO (fat mass and obesity associated gen) spojený s tukovou hmotou a obezitou (Diress, 2020; Thaker, 2017).

Hlavním behaviorálním faktorem je životní styl. Řadí se sem špatné životní návyky této moderní doby jako preferování jízdy autem před chůzí, sedavá zaměstnání, časté sezení u počítače či televize i ve volném čase, nedostatek spánku, nedostatečná fyzická aktivita a zároveň nadměrný příjem kalorií (Kadouh & Acosta, 2017; Parsons et al., 2007). Jde tedy o životní styl a chování typické pro moderní společnost.

Mezi nejvýznamnější environmentální faktory přispívající k obezitě je tzv. obezogenní prostředí, tedy prostředí s velkým množstvím všudypřítomných, snadno dostupných energeticky bohatých potravin s vysokým obsahem tuku a cukrů (Hall, 2018; World Health Organisation, 2021). Často se jedná kaloricky bohaté, nezdravé potraviny a nápoje, např. z fastfoodů, které jsou hutné, levné a jsou podávány ve velkých porcích. Roli také může hrát skutečnost, že takovéto jídlo je rychle dostupné a zapadá do uspěchaného západního životního stylu, kdy lidé tráví méně času v kuchyni a raději využijí této možnosti stravování (Young & Nestle, 2002). Potraviny nás obklopují v různých formách, ať už jsou to potraviny reálné, nebo jsou tyto potraviny zobrazeny v časopisech, knihách, billboardech, televizi či v moderních platformách, jako jsou sociální sítě. Této expozici přispívá také každodenní požívání chytrých telefonů, a můžeme tak říct, že vizuální potravinové stimuly jsou s námi neustále přítomny.

2.2 Systém řízení příjmu potravy

Příjem potravy je komplexní proces, který poskytuje zdroje pro energetický metabolismus, a je životně důležitý pro naše přežití. Je ovlivňován jak biologickými, tak environmentálními faktory. Proces konzumace potravy pro tuto svou biologickou důležitost podléhá intenzivní regulaci. Dva zásadní mechanismy, které se na tom podílejí, jsou homeostatická a hedonická regulace (Saper et al., 2002).

Důležitými aspekty příjmu potravy jsou sytost a hlad. Sytost je stav, který vede k poklesu pocitu hladu a ukončení příjmu potravy a následně k oddálení další konzumace jídla. Hlad se dá charakterizovat jako stav, který odráží nutkání jíst a nelze jej přímo změřit. Je to signál vedoucí k zahájení procesu příjmu potravy (Gibbons & Blundell, 2015). Lowe a Butryn (2007) poukázali na určité rozdíly mezi tzv. hedonickým a homeostatickým hladem. Rozvoj homeostatického hladu je založen na fyziologických mechanismech, hlavně na dlouhodobějším deficitu energie. Zatímco při hedonickém hladu není hlavní motivací. Naopak se do popředí ještě více dostává dostupnost potravy, chuť a příjemné asociace, které máme spojené s daným jídlem bez ohledu na jeho kalorickou výživnost. Obecně se nejedná o dva oddělené „hlady“, ale o často se překrývající mechanismy. Homeostatický hlad je částečně ovlivněn hladem hedonickým. Hedonický je více ovládan emocemi a motivací. To, že jíme i přes dostatek energie a rovnováhu v energetickém metabolismu, splňuje definici impulzivního chování.

2.2.1 Homeostatický hlad

System homeostatické regulace příjmu potravy, hladu a sytosti zahrnuje úzké vazby mezi periferií a mozkiem, ale také návaznost na metabolismus. Při plánování a rozhodování ohledně stravování naše tělo potřebuje informace o dostupných zdrojích, jak vnitřních, tak z okolí. Integruje fyziologické signály, které přenášejí informace z periferie do centrálního nervového systému, konkrétně do hypotalamu. Mezi periferní vlivy řadíme gastrointestinální trakt a tukovou tkáň, hlavně pak s nimi asociované hormony (Berthoud et al., 2017; Blundell et al., 2012).

K zachování hladiny energie a jejímu správnému využití, máme dva základní regulační systémy, které působí antagonisticky - orexigenní a anorexigenní. Orexigenní systém se podílí na zvyšování chuti k jídlu a anorexigenní systém naopak tyto signály utlumuje. Mezi orexigenní látky patří např. hormon ghrelin. Mezi anorexigenní hormony patří leptin, gastrin, glukagon, inzulin, cholecystokinin, somatostatin a mnoho dalších. Oba systémy pomáhají zajišťovat, že energetický metabolismus zůstává v rovnováze, a to jak pomocí krátkodobých, tak pomocí dlouhodobých regulačních procesů.

Hlavním mozkovým centrem obsahujícím komplexní síť neurálních mechanismů odpovědných za regulaci hladu a sytosti a energetickou bilanci organismu je hypotalamus. Je součástí diencephalu a je členěn na různý počet jader a jejich skupin. Čihák (2016) rozlišuje 11 skupin jader, ty nejdůležitější pro regulaci příjmu potravy jsou nucleus paraventricularis (PVN), nucleus arcuatus (ARC), dorzomediální hypotalamické jádro (DMH) a laterální hypotalamická oblast (LHA). Jednou z neklíčovějších oblastí je nucleus arcuatus (ARC), nacházející se poblíž cirkumventrikulárního orgánu eminence mediana, který je bohatý na fenestrované kapiláry, a kde není vytvořena hematoencefalická membrána, což umožňuje uvolňování zde vznikajících hormonů do krevního oběhu. V ARC se nacházejí dvě rozdílné skupiny neuronů uplatňující se v regulaci příjmu potravy. Jedna populace neuronů produkuje Neuropeptid Y (NPY) a AgRP (agouti-related protein), které jsou orexigenní povahy, tedy apetit stimulační. Druhá skupina neuronů produkuje POMC (proopiomelanokortin) a CART (cocaine amphetamine regulated transcript), které jsou anorexigenní, tedy apetit potlačující. Populace neuronů exprimující POMC jsou aktivovány anorexigenními stimuly, jakým je například leptin a uvolňují alfa MSH (melanocyty stimulační hormon), který aktivuje MC4R (melanokortinový receptor 4), který má anorexigenní účinek, tedy navozuje pocit sytosti.

2.2.2 Hedonický hlad

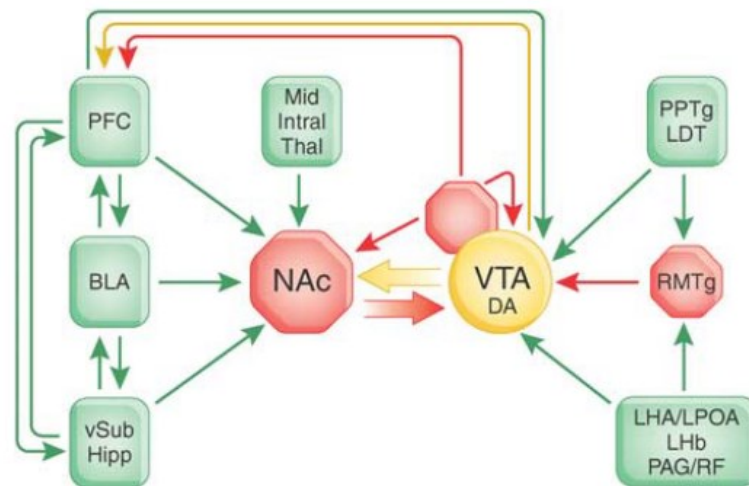
U hedonického hladu jedinec přijímá potravu bez ohledu na její nutriční hodnotu nebo na energetický stav organismu. Účelem je vyvolání příjemných pocitů, a proto je při hedonickém hladu důležitá vnímaná atraktivita jídla. Ta je založená na našem subjektivním vztahu k dané potravíně, který naše smysly a zkušenosti pomáhají dotvářet (Campos et al., 2022; Egecioglu et al., 2011).

Dnes se nejčastěji mechanismus vysvětluje pomocí teorií založených na práci Robinsona a Berridge (Robinson & Berridge, 1993), kteří přišli s teorií Incentive-Sensitization (teorie senzitivace vůči podnětu). Ta byla přelomová svým přístupem, kdy oddělila dva různé aspekty závislosti: senzitivaci – v jejich podání „wanting“ (chtít) a „liking“ (mít rád), tedy vyvolání líbivých pocitů. Vysvětlili tak fakt, že i přes klesající účinek dávky dochází k nárůstu tužby po ní.

(Berridge, 1996) pak ukázal, že tento mechanismus se uplatňuje také u potravinových podnětů. O několik let později pak oba autoři této teorie shrnuli sérii svých experimentů, a mimo jiné ukázali, že dopamin není nezbytný k vyvolání hedonistického pocitu, ani ke vzniku asociací, avšak hraje zásadní roli ve vzniku tužby (Berridge & Robinson, 1998).

Ústředním mechanismem u hedonické regulace je systém odměny. Na něm se podílí obzvláště oblasti prefrontální kůry (PFC), nucleus accumbens (NAc), amygdala (AMG), hippocampus (Hipp.) oblasti laterálního hypotalamu (LTA), ventrální tegmentální oblast (VTA) a jádra v prodloužené míše (Obr. 1) [(Sesack & Grace, 2010)]. Zatímco pro „liking“ odpověď je stěžejní nucleus accumbens a ventrální pallidum (Peciña & Berridge, 2005; Zhang & Kelley, 2000), pro „wanting“ je nejdůležitější mesolimbická dráha, resp. její dopaminergní neurony projikující z VTA do NAcc (You et al., 2001).

Na základě těchto mechanismů jsou postaveny dvě základní hypotézy osvětlující hedonický hlad. „Gluttony hypothesis“ (hypotéza obžerství), která předpokládá pozitivní korelaci mezi množstvím dopaminu a sensorickým potěšením z konzumace a „reward deficiency hypothesis“ (hypotéza nedostatku odměny), která předpokládá užití požitku z jídla jako možnosti navýšení nedostatečné hladiny dopaminu (Berthoud, 2011). Hedonický hlad může mít vliv na regulaci příjmu potravy. Může překonat a potlačit homeostatická omezení a regulace a vést tak ke zvýšení kalorického příjmu a zvýšení hmotnosti (Yu et al., 2015). Pochopení fungování hedonických komponentů a jejich schopnost modulovat odměnu za potravu, ale také pochopení vzájemného působení homeostatických a hedonických procesů, dává podklad pro názory, že se hedonické procesy stávají rizikovým faktorem pro vznik obezity (Blundell & Finlayson, 2004).



Obr. 1: Hlavní aferenty spojující mozková centra pro cílené chování s NAc a VTA

Červená označuje inhibiční struktury a dráhy, zelená excitační spojení a žlutá modulační vliv dopaminu (DA); bazolaterální amygdala (BLA); laterální hypotalamické a laterální preoptické oblasti (LHA/LPOA); laterální habenula (LHb), midline and intralaminar thalamic nuclei (Mid/Intral Thal); nucleus accumbens (NAc); periaquduktální šedá a retikulární formace (PAG/RF); prefrontální kůra (PFC); pedunculopontin a laterodorzální tegmentum (PPTg/LDT); mezopontinní rostromediální tegmentální jádro (RMTg); ventrální pallidum (VP); ventrální subikulum hippocampu (vSub/Hipp); ventrální tegmentální oblast (VTA). Převzato a upraveno z Sesack & Grace, 2010.

2.3 Psychofyziologie

Psychofyziologie je disciplína, která se zabývá studiem fyziologických reakcí v souvislosti s různými psychickými pochody a procesy u člověka (Procházka & Sedláčková, 2015). Jedná se o pochopení vztahu komplexních interakcí mezi psychologickými (kognitivní, emoční) procesy a řadou systémů v těle, jako například autonomní nervový systém či osa hypothalamus-hypofýza-nadledviny. Pro zkoumání interakcí mezi psychologickými a fyziologickými systémy se využívá moderních, sofistikovaných a neinvazivních metod (Cacioppo et al., 2007).

Ačkoli kořeny psychofyziologie lze vysledovat tisíce let zpět od raných egyptských a řeckých filozofů, systematictější výzkum zabývající se psychofyziologickou perspektivou probíhal od konce devatenáctého století. Důležitým krokem byl objev „galvanismu“. Galvani (1771) zjistil, že sval může být vyburcován k činnosti, přiveden ke stahu jak výbojem statické elektřiny, tak dotykem bimetalem, tedy předmětem složeným ze dvou rozličných kovů. To umožnilo využití galvanometrů k měření a záznamu malých elektrických potenciálů generovaných ve svalech a v nervech. V dalších letech Tarchinoff (1888) použil galvanometr v psychologickém výzkumu. Zkoumal citlivost elektrodermálních reakcí na psychologické děje a objevil kožní rezistenci. V roce 1907 pak Carl Jung ukázal souvislost mezi mírou prožívání pocitů a galvanickou kožní odezvou (GSR). V elektrodermální aktivitě viděl možnost fyziologického vhledu do nevědomých procesů. Dalším důležitým milníkem byla práce I. P. Pavlova (1927) o klasickém podmiňování autonomních a viscerálních reakcí. Oficiální ustanovení psychofyziologie jako formální disciplíny bylo v roce 1960 se založením Společnosti pro psychofyziologický výzkum o pár let později doprovázené vydáním oficiálního časopisu *Psychophysiology* (Cacioppo et al., 2007; Procházka & Sedláčková, 2015).

Jako obor psychofyziologie za poslední desetiletí značně pokročila a dozrála. Dnešní psychofyziologický výzkum se rozděluje na různé podobory. Klinická psychofyziologie například studuje a hodnotí poruchy ve spojitosti s psychofyziologickými procesy. Kognitivní psychofyziologie řeší vztah mezi kognitivními procesy či zpracováním informací a fyziologickými ději. Sociální psychofyziologie se zabývá studiem vzájemného vztahu mezi psychofyziologickými a sociálními systémy. Vývojová psychofyziologie se soustředí na studium psychického vývoje a stárnutí u malých dětí prostřednictvím fyziologických měření psychofyziologických procesů. Aplikovaná psychofyziologie se zabývá aplikací psychofyziologických principů a technik do praxe. Příkladem je např. biofeedback – princip biologické zpětné vazby, kde jsou poskytovány informace fyziologické aktivity dané osoby v reálném čase (Cacioppo et al., 2007).

2.3.1 Autonomní nervový systém

Autonomní nervový systém (ANS) neboli vegetativní nervová soustava, je součástí periferního nervového systému a není ovladatelná vůlí. Zajišťuje řízení funkcí vnitřních orgánů, krevního oběhu, hladké svaloviny cév, kůže, regulaci tělesné teploty, či činnosti žláz. Hraje důležitou roli při udržování homeostázy tím, že ovlivňuje srdeční frekvenci, základní frekvenci dýchání, průsvit cév, bronchů a další (Rokytko et al., 2016). Autonomní nervový systém dělíme na část motorickou (eferentní) a senzorickou (aférentní). Z funkčního hlediska dělíme eferentní

část ANS na dvě základní části nazývané sympatikus a parasympatikus, které jsou od sebe zcela odděleny a mají do velké míry antagonistické účinky (Silbernagel et al., 2016, Rokytko et al., 2016). Oba se podílí na inervaci většiny vnitřních orgánů buď souběžně nebo s převahou jednoho systému (např. většina cév je inervována pouze sympatikem, u slinných žláz výrazně převyšuje inervace parasympatika (Rokytko et al., 2016). Často působí protichůdně (např. v srdci) ale mohou se také navzájem doplňovat (např. pohlavní orgány) [(Silbernagel et al., 2016)].

Sympatikus

Funkcí sympatiku je připravit tělo na zátěž, větší výdej energie tzv. fight or flight reaction. Přitom dochází ke zvýšení krevního tlaku, vazodilataci u kosterních svalů, k dilataci bronchiolů, útlumu činnosti gastrointestinálního traktu (GIT), zvýšení pocení, zvýšení mentální aktivity a také k metabolickým změnám (glukoneogeneze v játrech a lipolýza a glykogenolýza ve svalech a játrech (Rokytko et al., 2016). Nervy sympatiku vycházejí z hrudní a bederní oblasti míchy (T1-L2), proto je někdy sympatikus nazýván systémem thorakolumbálním. Eferentní vlákno je složeno z pregangliových neuronů, tedy těch, co vychází z míchy a postgangliových neuronů, které inervují většinou přímo cílový orgán. Chemický přenos na zakončeních pregangliových neuronů je zprostředkován uvolňováním mediátoru acetylcholinu. U postgangliových neuronů je mediátorem noradrenalin (výjimkou jsou potní žlázy, kde je uvolňován acetylcholin) [(Rokytko et al., 2016, Ganong 2001, Silbernagel et al., 2016)].

Parasympatikus

Parasympatikus reguluje funkce, které souvisí s trávením a ukládáním energie (rest and digest reaction) [(Rokytko et al., 2016)]. Stimuluje sekreci slin, zvyšuje peristaltiku, snižuje krevní tlak, způsobuje bronchokonstrikci, zpomaluje srdeční frekvenci (zčervenání, pocity tepla), zužuje cévy v srdci. Parasympatikus také zrychluje peristaltiku, podílí se na defekaci a mikci a funkci rozmnožovací soustavy. Je nazýván také jako kraniosakrální systém. Vlákná začínají v oblasti mozkového kmene, odtud vycházejí cestou III. VII., IX. X. hlavového nervu, a také v oblasti 2. a 3. sakrálního segmentu páteřní míchy. Parasympatický systém se také skládá z pregangliových a postgangliových vláken a mediátorem v obou případech je acetylcholin (Rokytko et al., 2016, Ganong 2001, Silbernagel et al., 2016).

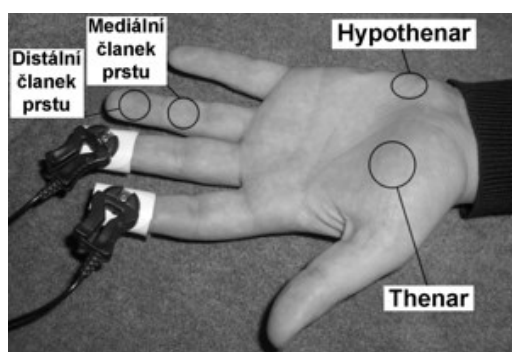
2.3.2 Vybrané psychofyziologické metody

Elektrodermální aktivita

EDA neboli elektrodermální aktivita zahrnuje různé jevy, obvykle se však takto označuje kožní vodivost. Obecně se takto chápou změny elektrických vlastností kůže, které jsou ovlivněné psychickým stavem člověka. Ve starší literatuře můžeme pro tyto změny elektrodermální aktivity najít různá označení. Mezi nejčastější patří galvanická kožní odpověď (GSR), elektrodermální odpověď (EDR), psychogalvanický reflex (PGR) nebo již zmiňovaná elektrodermální aktivita (EDA) [Geršák, 2020]. Elektrodermální aktivita (EDA) se využívá k neinvazivnímu měření a hodnocení psychofyziologických procesů, umožňuje totiž hodnotit změny související se zvýšením aktivity sympatiku během různých psychických stavů (Figner & Murphy, 2011). Pro

změnu elektrodermální aktivity je podstatná aktivita potních žláz, protože právě ta ovlivňuje elektrické vlastnosti kůže.

V lidském těle můžeme najít vícero typů potních žláz, jejich nejčastější rozdělení je na apokrinní a ekrinní žlázy. Obecně převažují ekrinní žlázy, které jsou důležité pro termoregulaci a najdeme je hlavně na dlaních a čele. Hlavní složkou potu je NaCl, který zvyšuje vodivost pokožky. Můžeme tedy říct, že za změny v kožní vodivosti jsou zodpovědné právě ekrinní potní žlázy a jejich aktivita. Ta je pak řízena vegetativními nervy. Potní žlázy jsou inervovány sympatikem a jsou součástí procesu emoční reakce. Tyto postgangliové sympatické cholinergní neurony uvolňují v potních žlázách netradičně acetylcholin, obvykle postgangliové neurony sympatiku uvolňují neurotransmitter noradrenalin (Trojan et al., 1999). Neurální oblasti, které jsou spojeny s řízením procesu pocení z ekrinních žláz a tak se podílí na změnách EDA, jsou například amygdala, hippocampus a prefrontální kortex.

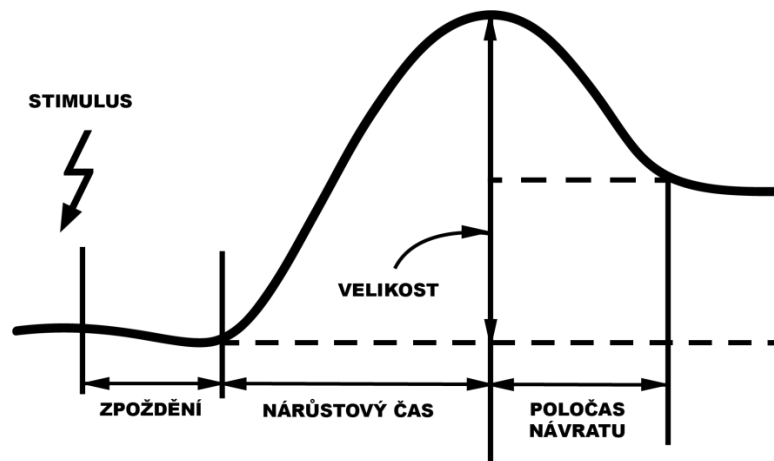


Obr. 2: Umístění elektrod pro měření elektrodermální aktivity

Převzato a upraveno dle: Holmqvist et al., 2011

Nejčastěji se využívají dva typy měření EDA. Pokud se při měření využívá vnější proud, jedná se o měření exosomatické. Naopak pokud se vnější proud nevyužívá, jedná se o měření endosomatické, které však není příliš časté (Figner & Murphy, 2011). Elektrodermální aktivitu měříme nejčastěji pomocí dvojice elektrod umístěných na kůži, konkrétně na prstech (ukazováček a prostředníček) nedominantní ruky (Figner & Murphy, 2011). Přes tyto dvě elektrody prochází malé, pro subjekty prakticky nepostřehnutelné, napětí. Lze jej měřit jako kožní vodivost nebo kožní odpor (R). Kožní odpor je tedy vyjádřen v jednotkách Ohm (Ω), jeho převrácená hodnota Kožní vodivost je pak vyjádřována v jednotkách microSiemens (μS) [(Dawson, Schell, & Fillion, 2007)], str. 162.

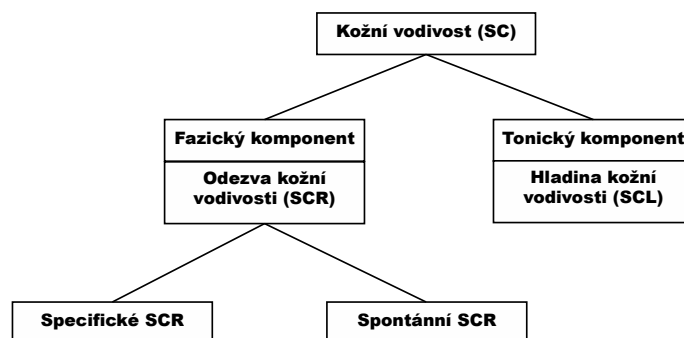
U vodivosti kůže rozlišujeme dva komponenty – tonickou a fazickou složku. Tonická složka je zodpovědná za pomalé změny signálu EDA (od desítek sekund po minuty). V signálu je obecně považována za úroveň aktivity pozadí, nad kterou se objevují rychlé odpovědi, ukazuje obecnější úroveň vzrušení daného člověka. Nejběžnějším měřítkem tonické složky je tzv. SCL (skin conductance level). Výchozí tonická hladina je mezi jednotlivci velmi variabilní, obvykle se pohybuje od $2 \mu S$ do $20 \mu S$.



Obr. 3: Grafické znázornění EDA parametrů

Převzato a upraveno dle: (Dawson et al., 2007)

Fazická složka je zodpovědná za relativně rychlé změny signálu (řádově v sekundách), známé jako SCR (skin conductance response) neboli reakce vodivosti kůže. SCR jsou rychlé fluktuace nebo vrcholy, které lze pozorovat v signálu. Obvykle je vidět strmý vzestup (signálu) na začátku, rychlý/krátký vrchol, a poté pomalejší návrat k základní hladině/baseline. SCR mohou být generovány právě jako reakce na konkrétní událost např. vizuální nebo čichový stimul. SCR odrážejí signál, který je modulován nad pomalejší SCL (Figner2011). U SCR vzhledem k tomu, že ne všechny pozorovatelné SCR přímo souvisejí se stimulem, bylo navrženo rozdělení na SCR specifické odpovědi (tj. souvisí se stimulem) a spontánní, nespecifické odpovědi. Dřívější studie uváděly pro specifické odpovědi 1-3 s, podle novějších studií by SCR, které jsou kategorizovány jako nespecifické, měly začínat více než 10 s po skončení stimulu (Braithwaite et al., 2013). Přesná hranice tak není ustanovena a při jejím stanovení je tedy potřeba zohlednit design pokusu. Existují lidé obou pohlaví, kteří nevykazují žádnou reaktivitu (EDA non-responders). Jejich procento se odhaduje mezi 5 % až 25 % v běžné populaci (Figner & Murphy, 2011).



Obr. 4: Schéma rozložení složek kožní vodivosti

Převzato a upraveno dle: (Braithwaite et al., 2013)

Další termíny, se kterými se setkáváme v oblasti elektrodermální aktivity, jsou vysvětleny v tabulce 1.

Typ	Definice	Typické hodnoty a jednotky
SCL (skin conductance level)	Hladina kožní vodivosti	2-20 μ S (mikro Siemens)
Latence	Hodnota pro časové období mezi prezentací stimulu a nástupem odpovědi	1-3 s (sekundy)
SCR amplitude	Fázické zvýšení vodivosti krátce po začátku stimulu	0,1-1 μ S (mikro Siemens)
SCR rise time	Doba náběhu - časový interval mezi iniciací SCR a vrcholem SCR	1-3 s (sekundy)
SCR half recovery time	Doba mezi vrcholem SCR do 50 %	2-10 s (sekundy)

Tabulka 1: Parametry elektrodermální aktivity a jejich typické hodnoty a jednotky

Převzato a upraveno dle: Dawson et al., 2007

Eye tracking

Eye-tracking je moderní neinvazivní metoda, která umožňuje sledovat přirozené pohyby očí a poskytuje tak informace o míře zkreslení pozornosti. Jedná se o přímou metodu pozorování. Při experimentech se můžeme setkat s různými typy eye-trackingových zařízení. Některé z nich vyžadují, aby se zařízení dostalo do fyzického kontaktu se subjektem, například eye-trackingová zařízení upevněná na hlavě (head mounted devices), nebo eye-trackingové brýle. Jiná zařízení nejsou kontaktní. Jedná se o eye-trackingové zařízení připevněné k obrazovce počítače nebo případně může být použita rovnou webová kamera. Každé z těchto typů mají své výhody a nevýhody. Hlavní nevýhodou obrazkových eye-trackerů je, že jsou omezeny na desktopová prostředí, účastníci jsou instruováni omezit pohyby hlavou. Na druhou stranu na rozdíl od kontaktních nevytváří fyzické nepohodlí. Tato omezení způsobují, že různá zařízení jsou vhodné pouze pro určité experimentální kontexty. (Holmqvist et al., 2011) Informace o zkreslení pozornosti subjektu může být použito pohled při studiu kognitivních a emocionálních procesů (Nevalainen & Sajaniemi, 2004).

Pohyb očí je nejrychlejší pohyb, který lidské tělo může udělat (Holmqvist et al., 2011). Na eye trackingovém záznamu je možné analyzovat oční fixace a pohyby, včetně sakadických (rychlé mimovolní pohyby). Můžeme sledovat, prvotní pohled (fixace), celkový čas strávený sledováním jednoho bodu, místa či oblasti, celkovou dobu fixace, počet fixací popřípadě i dilataci zornic, či plynulý pohyb očí při sledování obrazovky. Vše záleží na designu studie (Motoki et al., 2021)

Při použití ve výzkumu zkreslení pozornosti k potravinám je eyetracking považován za přímou metodu, která přináší informace o tom, kam na obrázek se účastník díval, případně který obrázek (potravinový nebo neutrální) si účastník vybral jako první (směr pohledu) a jak dlouho se účastník na obrázky díval (pozorování). Jedná se o efektivní doplnění klasických nepřímých metod jako je Food Stroop test či Dot Probe task, které se zaměřují na reakční časy.

Slinné biomarkery

V behaviorálním a psychofyziologickém výzkumu se začíná čím dál tím více využívat slinných biomarkerů (Hoyt & Granger, 2020). Tradičně se, hlavně ve vztahu k stresovým reakcím, měřil kortizol. Biochemická struktura kortizolu umožňuje jeho průchod membránami, čehož se využívá při měření jeho hladiny. Lze jej měřit jak v krvi, v moči i ve slinách. V krvi je biologicky aktivní, neboli volná, pouze menší část (10 %) kortizolu a zbytek je vázán na proteiny jako je globulin. Měření krevního kortizolu se bere jako měření celkového kortizolu, který zahrnuje vázané a nevázané složky. Kortizol z moči se používá například při screeningu Cushingova syndromu. Slinný kortizol se používá jako alternativa k sérovému kortizolu, také odráží množství aktivního kortizolu (El-Farhan et al., 2017). V poslední době se stále více ke sledování ANS aktivity v rámci stresu začíná používat i slinná alfa-amyláza (Bosch, 2014).

Měření za pomoci slin s sebou přináší řadu výhod. Jednou z hlavních je rychlost a neinvazivnost měření, stačí k tomu jednoduché zařízení na odběr slin, kterých je i více typů. Zpravidla se jedná o malý bavlněný tampon, který si participant vloží do úst a jemně žvýkají, aby se stimuloval průtok slin. Další možností je použití malé nádoby se speciálním nástavcem, do kterých participant sliny odplivnou. Standardní objem vzorku slin je mezi 0,5 ml až 1 ml. K tomuto odběru není potřeba přítomnost lékařsky vyškolené osoby, což je dalším pozitivem. Skladování je krátkodobě možné při stabilní teplotě v lednici (cca 4 °C) a pro dlouhodobější skladování se doporučuje uchovávat vzorky v mrazáku. Následná analýza se provádí zpravidla pomocí komerčních sad ELISA (imunoenzymatická esej) [Salimetrics, L.L.C., SalivaBio, 2015].

Sliny jsou bezbarvá, lehce zakalená tekutina, produkt slinných žláz. Jsou důležitou součástí trávicí soustavy, mají řadu různých funkcí: hrají roli při mluvě, usnadňují polykání a zpracování potravy a jsou prvním krokem při enzymatickém trávení v ústní dutině. Sliny také ovlivňují nejen orální ale i celkové zdraví. Tvorba slin probíhá ve dvou fázích. V první fázi se v buňkách slinné žlázy tvoří tzv. primární slina, která má složení podobné plazmě. Obsahuje vodu a Cl⁻, Na⁺, HCO₃⁻ K⁺ ionty. Ve druhé fázi se ve vývodných kanálcích tvoří sekundární slina, u které se změnilo složení. Na⁺ a Cl⁻ ionty jsou resorbovány a znásobuje se množství K⁺ a HCO₃⁻ iontů a takto upravená sekundární slina se vylučuje do ústní dutiny (Ganog, 2005).

Sekrece je řízená autonomním nervovým systémem, centrum se nachází v prodloužené míše. Sekreci slin mají na starosti exokrinní slinné žlázy, tedy žlázy s vnější sekrecí. Máme tři hlavní slinné žlázy - podčelistní, podjazykovou a příušní a četné vedlejší žlázy. Bazální sekrece slin (cca 0,5 ml / min) probíhá neustále, z důvodu udržování vlhkosti v ústech. Sekrece se však může zvýšit, výrazně se zvyšuje nepodmíněným reflexem, který je vyvolaným např. pohledem na jídlo či vůní jídla nebo žvýkáním. Může ale také dojít ke zvýšení sekrece díky podmíněným, naučeným reflexům (např. smyslový vjem jako je zvuk cinkání talířů a příborů). Za 24 h se takto vytvoří přibližně tvoří 1,5- 2 l slin (Silbernagl et al., 2016, Trojan et al., 1999). Sliny se skládají z několika složek a každá z nich je regulována tak, aby vykonávala určitou funkci. Z největší části (99 %) je slinný sekret tvořen vodou. Dále se jedná o anorganické a organické látky. Mezi anorganické jako např. draslík, hydrogenuhličitan, sodík, chlor, vápník, fosfát atd. Mezi organické látky řadíme trávicí enzymy jako alfa -amyláza a lipáza, mucin, hormony a mnoho dalších (Silbernagl et al., 2016, Trojan et al., 1999). Slinné žlázy jsou inervovány jak sympatickými, tak parasympatickými nervy. Sympatikus stimuluje skrze neurotransmitter

noradrenalin, který je uvolňován ze sympatických nervových zakončení a působí na adrenergní receptory. Vede to k tomu, že příušní žláza sekretuje sliny s vyššími koncentracemi alfa - amylázy. Parasympatikus působí skrze neurotransmiter acetylcholin, a ten vede k tomu, že podčelistní a podjazyková žláza produkují sliny bohaté na spíše na mucin (Nater & Rohleder, 2009; Silbernagl et al., 2016).

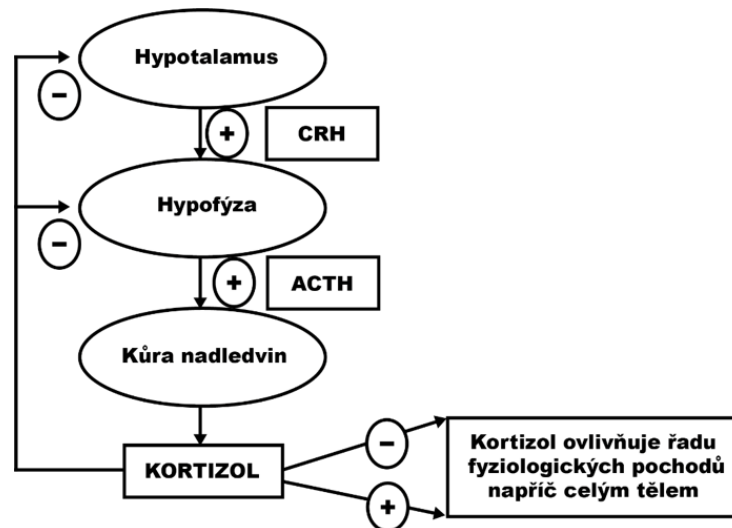
Alfa-amyláza

Jedním z nejčtenějších proteinů ve slinách je alfa-amyláza. Slinná alfa-amyláza, zvaná také ptyalin, je trávicí enzym produkovaný serózními acinárními buňkami příušních (hlavně) a podčelistních žláz. Hydrolyzuje α 1,4 vazby škrobu a výsledkem tohoto štěpení bývají oligosacharidy maltóza, maltotrióza a glukóza (Silbernagl et al., 2016). Její působení je v trávicí soustavě až do žaludku, kde je inaktivovaná kyselým žaludečním pH. V těle se alfa-amyláza vyskytuje také ve formě pankreatického izoenzymu (Silbernagl et al., 2016). Hladiny alfa-amylázy v těchto dvou oblastech jsou vytvářeny nezávislými zdroji a nejsou ve vzájemném vztahu (Granger et al., 2007). Slinná alfa-amyláza má výrazný denní rytmus, po první hodině po probuzení klesá a následně má stálý nárůst až do večerních hodin (Nater et al., 2007). Je používána jako biomarker pro změny v těle související se stresem, které odrážejí aktivitu sympatiku (Nater & Rohleder, 2009).

Kortizol

Kortizol je steroidní hormon patřící mezi glukokortikoidy, je produkovaný kůrou nadledvin, konkrétně v zóna fasciculata. Hraje důležitou roli při stresu, podporuje mobilizaci energie, v podobě větší dostupnosti glukózy umožňuje přednostní energetické využití bílkovin a tuků. Dále také ovlivňuje imunitní odpověď, inhibuje zánětlivé procesy nebo také např. zvyšuje glomerulární filtraci. Kortizol má také výrazný cirkadiální rytmus, maximálními hladinami jsou ráno, s postupem dne hladina klesá a na nejnižší hodnoty se dostane večer (Edwards et al., 2001). Tento pravidelný cirkadiální rytmus poskytuje signál o denní době a je tak nezbytný pro synchronizaci napříč mnoha fyziologickými systémy.

Kortizol je neuroendokrinní hormon, jehož sekrece je řízena přímo nervovým systémem, reaguje na vnitřní a vnější spouštěče, neboli stresory, jak fyzického, tak psychického rázu. Jeho regulace je řízena HPA osou neboli osou hypotalamus-hypofýza-nadledviny. HPA osa je systém, který pomáhá organismu se adaptovat na stresory. Tato kaskáda začíná, když stresem aktivovaný hypotalamus, konkrétně paraventriculární jádro (PVN) uvolňuje hormon kortikotropin (CRH), který následně působí na hypofýzu. Ta začne uvolňovat adrenokortikotropní hormon (ACTH), který se uvolňuje do krevního řečiště a vysílá signály do nadledvin a stimuluje je, aby vylučovaly kortizol do krve. Kortizol reguluje negativní zpětnou vazbou další uvolňování CRH a ACTH. Tato osa je hlavní fyziologická reakce těla na stres. Krátkodobá aktivace osy HPA je nezbytná pro každodenní život. Dlouhodobá aktivace však může být nebezpečná a vést ke chronickému stresu a ním spojeným fyzickým i psychickým problémům (Fries et al., 2009).



Obr. 5: Schéma fyziologické kaskády zapojené do osy hypotalamus-hypofýza-nadledviny (HPA)

Kortikotropin uvolňující hormon (CRH) je transportován do předního laloku hypofýzy prostřednictvím portálních krevních cév hypotalamus-hypofýza; Adrenokortikotropní hormon (ACTH) se uvolňuje do celkového oběhu. Symboly „+“ a „-“ označují aktivaci a inhibici; Kortizol vyvíjí negativní zpětnou vazbu k regulaci probíhající kaskády.

Převzato a upraveno dle: (Smyth et al., 2013)

Metody pozornostní selekce

Pozornostní selekce je důležitým procesem, který nám dovoluje upravovat svoje chování v různých situacích. Ne všechny podněty kolem nás jsou zpracovávány stejně důkladně, některé jsou vyhodnocovány jako prioritnější. Toto chování se nazývá pozornostní zkreslení či pozornostní selekce (attention bias). U těchto kognitivních procesů jedinec zpracovává informace pro něj důležité podle toho, jestli má daný podnět pro daného jedince emocionální či motivační význam (Mathews & MacLeod, 2002). Pozornostní selekci lze definovat jako tendenci specifických typů podnětů (související s potravinami nebo drogami) zaujmout a udržet pozornost (Field et al., 2016).

K hodnocení pozornostní selekce pro potravinové podněty se používá řada experimentálních úloh a paradigmat, nejčastěji modifikovaný Stroop test a Dot Probe task. Jedná se o kategorii úkolů „forced task“ (nucený úkol), kdy jsou účastníci postaveni před úlohu, ve které musí činit rychlá rozhodnutí, například co nejrychleji umístit myš nebo rychle rozpoznat barvu, kterou je slovo napsáno.

Stroop Test

V roce 1935 J. Stroop (Stroop, 1935) publikoval studii, ve které provedl četné experimenty, aby zaznamenal reakce na protichůdné slovní podněty v kontrastu s barevnými podněty. V jednom z jeho experimentů byly účastníkům předloženy kartičky, na kterých byly buďto řady písmen xxx, či série názvů barev. Tyto byly vytištěny různobarevným inkoustem (červeným, modrým, zeleným, hnědým, fialovým). Černý inkoust byl použit jako kontrola. Žádný název barvy nebyl napsán tou barvou, kterou pojmenovával (např. slovo červená bylo napsáno modrým,

zeleným, hnědým a fialovým inkoustem, ale ne červeným inkoustem). Jejich úkolem bylo číst nahlas vytištěná slova, bez ohledu na barvu inkoustu. V dalším experimentu bylo úkolem naopak říci nahlas jakou barvou inkoustu je slovo napsáno. Průměrná doba odezvy neboli reakční čas byl pomalejší při pojmenovávání barev (neshodné slovo a inkoust). Participanti měli tendenci automaticky číst jejich význam a tím se značně zpomalila jejich schopnost správně pojmenovat barvy.

Od této první studie bylo vytvořeno mnoho verzí Stroopova testu, které se v psychofyziologickém výzkumu používají dodnes, ať už se jedná o studia poruch příjmu potravy, úzkosti či depresí. Například Food Stroop test, kdy jsou účastníkům místo názvů barev prezentována slova z oblasti jídla či slova spojená s tělesnou hmotností a často jsou také pro kontrolu přidána neutrální slova, týkající se například nábytku (vybavení pokoje, kanceláře) [(Nijs et al., 2010a)]. Účastníci jsou instruováni, aby se nesoustředili na význam daného slova, ale nahlas přečetli barvu, kterou je slovo napsáno (slovo pizza napsané červenou barvou), či mají za úkol zmáčknout příslušné tlačítko pro danou barvu. Díky moderním technologiím bylo možné přesunout úkol i na počítač.

Dot Probe task

Další častou metodou ve výzkumu vizuální pozornosti je Dot Probe task. Tento test byl od počátku pouze v počítačovém prostředí. V tomto úkolu je obrazovka počítače rozdělena na dvě části (horní a dolní nebo pravá a levá). Na obou částech jsou po určitý časový úsek (nejčastěji okolo 500 ms) současně prezentovány dva typy stimulů. Typem podnětů jsou buďto obrázky nebo slova, z nichž jeden bývá neutrální a druhý emocionálně výrazný (např. vysokokalorické potraviny). Po uplynutí časového úseku se objeví na obrazovce tečka (probe) v prostorové poloze jednoho ze dvou předešlých stimulů. Účastníci jsou instruováni, aby co nejrychleji označili umístění tečky pomocí stisknutí příslušné klávesy na klávesnici. Podstata tohoto úkolu spočívá v tom, že účastníci budou reagovat rychleji na tečky, které se objeví ve stejném prostorovém umístění jako podnět, kterému věnovali větší pozornost. Jako u Stroop testu se měří reakční doba (MacLeod et al., 1986).

Výše popsané metody nejsou jediné, které se používají v oblasti výzkumu zkreslení pozornosti vůči potravinovým stimulům. Ve studiích se také používá Go/no go task, Flicker task, Stimulus-response compatibility task a Implicit association task (Favieri et al., 2020; S. Loeber et al., 2011; Stamatakis et al., 2019). Každá z nich má své výhody a limitace a záleží na rozhodnutí experimentátorů, kterou si vyberou do svého experimentálního designu. Tyto typy úkolů spadají spíše do nepřímého měření pozornosti. Informace, které poskytují, jsou neucelené a proto je navrhováno je kombinovat například s eye-trackingem a získat tak doplňující informace o pohledech a jejich zaměřeních a trvání při případné pozornostní selekci (Franja et al., 2021).

2.4 Psychofyziologické reakce na potravinové podněty

Psychofyziologický výzkum emočních reakcí se stále více využívá pro studium kognitivních procesů jako je pozornost, především vizuální. Vizuální pozornost je proces, který nám umožňuje vybrat relevantní vizuální podněty v našem prostředí a následně provést adaptivní chování.

Ať už pocity reflektují vnitřní stav (například žízeň nebo hlad) nebo jsou vyvolány vnější situací (zmrzlinový stánek), souvisí s nimi stav těla a jednotlivých orgánů. Nedílnou součástí tohoto procesu je také emoční odezva, která nám umožňuje rychleji reagovat na pozitivní či negativní podněty v okolí. Z evoluční perspektivy jsou emoce nezbytné pro rychlou identifikaci potenciálních hrozeb nebo přínosů a následnou reakci vedoucí k zajištění přežití (Damasio & Carvalho, 2013). Emocionální zážitek je doprovázen řadou fyziologických reakcí, které jsou pod autonomní kontrolou. Tyto fyziologické reakce zahrnují kromě jiných především změny krevního tlaku, srdeční frekvence, vodivosti kůže a průměru zornice.

2.4.1 Pozornostní selekce, elektrodermální aktivita, eye tracking

Příjem potravy a jeho regulace jsou nezbytné pro přežití všech organismů. Proto bychom očekávali pozornostní selekce pro potraviny u každého člověka. Někteří lidé jsou však k těmto podnětům citlivější a neustále probíhá diskuze ohledně důvodů, které k tomu vedou. Vědci se různými, často psychofyziologickými, metodami snaží pochopit podstatu mechanismu selektivní pozornosti a jeho objasnění může být jeden z klíčových faktorů pro pochopení potravního chování vedoucího k obezitě.

Jedením z typických příkladů selektivně věnované pozornosti specifickým podnětům v prostředí kolem nás je zvýšená pozornost k vysokokalorickým potravinám. Je to jeden z evolučních mechanismů, který nám pomáhal přežít (Berthoud, 2004; Nummenmaa et al., 2011). Zůstal zachován až do dnešní doby, avšak dnes jsou tyto kalorické podněty konstantně všude kolem nás v daleko větším množství, a tato zaujatost pozornosti vůči potravinovým podnětům může být rizikovým faktorem obezity.

Jednou z nejčastěji uváděných teorií, která nastiňuje vysvětlení pozornostní selekce v souvislosti s potravinami, je teorie senzitivace vůči podnětu (Robinson & Berridge, 1993). Podobná teorie ze 70. let, Schachterova teorie externality (Schachter, 1971) navrhovala, že existují individuální rozdíly v citlivosti na vnější potravinové podněty mezi obézními a normálními jedinci, což by mohlo působit jako určitý faktor zranitelnosti pro přejídání se. V posledních letech se na základě těchto teorií rozvinul předpoklad, že obézní lidé mají systém odměňování citlivější na potravinové podněty, což zpětně vede k pozornostní selekci k těmto podnětům v prostředí (Castellanos et al., 2009).

Význam zraku při regulaci našeho stravovacího chování je nesporně důležitý (Linné et al., 2002). Pohled na potravinové podněty je jedním z prvních signálů pro tělo, aby se připravilo na příjem potravy a spustilo potřebné fyziologické reakce. Jedná se o tzv. reakce cefalické fáze (Mattes, 1997).

Mnoho studií zjistilo, že lidé svou pozornost soustřeďují na potravinové podněty spíše než na podněty nepotravinové (Doolan et al., 2014; Favieri et al., 2020; Nummenmaa et al., 2011). Další otázkou bylo, zda platí, že lidé zaměří svou pozornost spíše na vysokokalorické obrázky (jako je například zmrzlina), než nízkokalorické obrázky (například salát). Mnoho studií tento předpoklad skutečně potvrdilo (Castellanos et al., 2009; Doolan et al., 2014; Favieri et al., 2020; Phelan et al., 2011). Calitri se svými spolupracovníky (2010) ve své dlouhodobé studii zjistili, že pozornostní selekce vůči nezdravým potravinovým podnětům predikuje zvýšení BMI v horizontu jednoho roku. Jsou ale i studie, které pozornostní selekci pro vysokokalorické

podněty nepotvrdily. Buďto nenašly rozdíly mezi vysokokalorickými a nízkokalorickými stimuly (Graham et al., 2011) nebo dokonce zjistili větší selektivní pozornost k nízkokalorickým stimulům (Franja et al., 2021; Pedersen et al., 2021).

Je však potřeba dodat, že každá studie použila ve svých experimentech jiné úlohy a techniky. Většinou se jednalo o modifikované verze Stroop testu nebo Dot Probe tasku, ale například Graham a jeho spolupracovníci (2011) a Pedersen se svým týmem (2021) použili ve svých studiích metodu pasivního sledování (passive free viewing), což znamená, že nechali účastníky pouze se volně dívat na prezentované obrázky. Ani v jedné z těchto studií však nebyly kategorie nepotravinových stimulů, což také ztěžuje srovnávání jejich výsledků.

Některé studie se zaměřili na sledování reakcí na pozitivní vs. negativní potravinové stimuly. Ve studii Verastegui-Tena a spolupracovníků (2017) ochutnávali účastníci vzorky nápojů a sledovali obrázky údajných přísad nápojů. Byl vybrán pozitivní obrázek (tmavá čokoláda), neutrální obrázek (sója) a negativní obrázek (červi). Část účastníků nejprve ochutnala nápoj a poté jim byly prezentovány obrázky, druhá část měla opačné pořadí. Ukázalo se, že pouze sledování negativních podnětů, ať už před ochutnávkou vzorků či poté, vedlo k vyšší vodivosti kůže než sledování ostatních podnětů. Podobně laděná studie porovnávala reakce na obrázky krásných jídel vs. reakce na averzivní obrázky jídel (například chleba s plísní) a také ukázala, že změny v EDA odrážely příjemnost podnětu. Pozitivní obrázky vyvolaly snížení vodivosti kůže, zatímco negativní obrázky vodivost kůže zvýšily (Kuoppa et al., 2016).

Část studií zjišťuje změny elektrodermální aktivity u samotného ochutnávání jídla. Danner a spolupracovníci (2014) zkoumali reakce na různé džusové nápoje. Měli obdobné výsledky jako predešlé studie, neoblíbené vzorky džusů vyvolaly intenzivnější elektrodermální kožní reakce než oblíbené vzorky. Obdobná studie, ve které participantů ochutnávali různé druhy džusů, však nezjistila, že by vodivost kůže jimi byla ovlivněna. Je možné, že to mohlo být způsobeno menším počtem participantů (De Wijk et al., 2014).

Novější studie začali ještě více propojovat různé typy psychofyziologických měření úloh. Pedersen a spolupracovníci (2021) na 100 účastnících souběžně sledování několika typů biometrických reakcí na potravinové podněty. Jednalo se o sledování pozornosti, elektrodermální aktivity a sledování výrazů obličeje. Podněty byly z různých kategorií, vysoko a nízko kalorické potraviny sladké a slané chuti. Zkoumalo se také preferenční chování a příjem potravy. Úloha se skládala ze 3 částí: pasivní prohlížení (passive viewing) snímků potravin, hodnocení snímků potravin podle liking a wanting a výběr mezi párovanými potravinami z různých potravinových kategorií a nakonec ještě čekal participanty ad libitum bufet. Výsledky elektrodermálních reakcí účastníků během pasivního sledování neukázaly žádné rozdíly mezi kategoriemi potravin. Elektrodermální reakce účastníků také signifikantně neprokázaly spojení s odměnou za jídlo nebo příjemem potravy.

Se zajímavým typem potravinových podnětů přišla studie, která testovala, jak lidé vnímají potraviny v rozšířené realitě (augmented reality, AR), zda potraviny v rozšířené realitě vyvolávají emocionální reakce srovnatelné s těmi, které produkují skutečné potravinové podněty. (Pallavicini et al., 2016). A zároveň studovali rozdíly mezi obézními a zdravými účastníky. V tomto experimentu účastníci sledovali a hodnotili skóre chutnosti reálných potravin, potravin na fotografii a potravin v rozšířené realitě. Jednalo se o vysokokalorické (slané a sladké)

a nízkokalorické potravinové podněty. Co se týče elektrodermální aktivity, u obou skupin vysoce kalorické (slané) v porovnání s nízkokalorickými potravinovými podněty vyvolaly větší vzrušení, bez ohledu na typ prezentace podnětu. Výsledky také ukázaly, že podněty prezentované v rozšířené realitě byly účastníky vnímány jako stejně chutné jako skutečné potraviny. Významný rozdíl v hodnocení ve skóre chutnosti byl mezi skutečnými a fotografickými podněty, ale ne mezi skutečnými podněty a podněty z rozšířené reality. To ukazuje, že do budoucna bychom neměli podceňovat potravinové podněty ve virtuálním světě a více prozkoumat jejich vliv. Pokud by byly opravdu vnímány na stejné úrovni chutnosti jako skutečné potravinové podněty, mohly by stejně tak přispívat k zvýšení příjmu potravy (Yeomans et al., 2001).

2.4.2 Slinná alfa-amyláza a kortizol

Neustále roste počet studií z různých oblastí, které ve svých výzkumech využívají slinné biomarkery (Strahler et al., 2017). Široce jsou používány k diagnostice stresu, deprese nebo úzkosti (Tammayan et al., 2021). Například ve výzkumu fyziologických reakcí na stres patří mezi nejčastěji používané slinné markery kortizolu a alfa-amyláza (Stahler 2017). Stresová reakce těla v sobě zahrnuje dva hlavní systémy, kterými jsou osa hypotalamus-hypofýza-nadledviny a sympatikus-nadledviny-medulární systém (Hellhammer et al., 2009; Nater & Rohleder, 2009), přičemž kortizol je již dlouho považován za určitý standard v oblasti výzkumu stresové aktivity osy hypotalamus-hypofýza-nadledviny (Hellhammer et al., 2009) V oblasti výzkumu stresu a potravinových stimulů, byl kortizol studován hlavně v rámci vlivu na konzumaci potravy, kde je často spojován se zvýšeným (Epel et al., 2001; Greeno & Wing, 1994) Mechanismus působení však ještě není zcela objasněn, proto se mnoho studií používající slinný kortizol stále soustředí na vztah stresu a konzumace potravin. Studií, které by kombinovali slinný kortizol a další metody v reakci na vizuální potravinové podněty, není mnoho. Předmětem zkoumání byly však nedávno například rozdíly v stresové reakci a chuti k jídlu u účastníků s normální váhou a obézními (Cano-López et al., 2019). Pomocí baterie testů, mezi nimiž byl i barevný Stroop test, které indukovaly akutní stres, bylo zkoumáno, jak může nadváha ovlivnit vyrovnávání se stresem. Sledoval se i vliv na chuť k jídlu a na hodnocení potravinových preferencí. Výsledky studie naznačují obousměrné ovlivnění mezi akutním stresem a chutí k jídlu. Slinný kortizol tak ukázal, že váha, konkrétně nadváha, ovlivňuje jde o hladiny kortizolu ve stresové situaci. Oproti jedincům s normální váhou, účastníci s nadváhou ukazovali nižší stresem indukovanou kortizolovou reakci. To může ukazovat na určitý problém v adaptivním zvládnání stresových situací.

Větší využití alfa-amylázy jako markeru v psychofyziologii, je záležitostí až posledních 20 let. Užitečnost enzymu se však postupně prokázala například při sledování aktivity sympatiku (Nater & Rohleder, 2009) a vzhledem ke snadné manipulaci a využití pokračuje hledání jeho využití v různých dalších oblastech. Například při zjišťování vlivu hladu na různé typy rozhodovacího chování, kde se zároveň využilo měření objektivní hladiny hladu pomocí slinné alfa-amylázy (Shabat-Simon et al., 2018). V řadě experimentů se totiž zjišťovala hladina hladu buď krevními testy, které jsou drahé nebo self-report dotazníky, které jsou zcela subjektivní a mohou být nespolehlivé. V uvedené studii použili k určení hladiny hladu jak škálové self-report dotazníky, tak slinnou alfa-amylázu. Účastníci byly rozděleni na skupinu hladových a sytých, po týdnu návštěvu zopakovali. V obou dvou sezeních všichni přišli do laboratoře po 12h půstu,

jedna ze skupin však později dostala snídani, skupiny se po týdnu prohodily. Před rozhodovacími úlohami jim byli odebrány sliny a zároveň vyplnili dotazník zjišťující jejich pocit hladu a sytosti. Skupina sytých poté dostala snídani. Po dokončení rozhodovacích úloh byly účastníkům znovu odebrány sliny a dostali dotazníky na vyplnění.

Tento experiment ukázal, že při zjišťování úrovně hladu se dotazníky ukázaly jako nespolehlivý nástroj. Očekávalo se, že dotazníky, které byly vyplněny na začátku, budou ukazovat podobou úrovně hladu u obou skupin, vzhledem k tomu, že obě skupiny vyplňovaly dotazník po 12h půstu. Avšak skupina hladových měla výsledky, které ukazovali větší pocit hladu než skupina sytých. Toto zkreslení může být důsledkem jejich pocitu, že od nich experiment očekává, že budou opravdu hladoví. Slinná alfa-amyláza se tak ukázala jako spolehlivější nástroj pro zachycení úrovně hladu. Podle očekávání byly hladiny slinné alfa-amylázy na začátku obou sezení velmi podobné. Ve skupině hladových došlo mezi prvním a druhým odběrem slin k malému zvýšení hladin slinné alfa-amylázy. To však odpovídá jejímu dennímu rytmu, který má tendenci přirozeně narůstat během dne a nesouvisí s úrovní hladu (Nater et al., 2007).

Pouze minimum studií zatím analyzovalo souvislost mezi hladinami slinné alfa-amylázy a pocity hladu v kontextu vizuálních potravinových podnětů. Nedávná studie měřila bazální hladiny slinné alfa-amylázy u dospívajících s normální vahou a s nadváhou (Moreno-Padilla et al., 2020). Adolescenti s nadváhou vykazovali nižší bazální hladiny slinné alfa-amylázy než adolescenti s normální vahou a také větší nárůst hladu po prohlížení potravin. Tato studie jako první ukázala, že hladiny hladu a změny v něm po sledování potravinových stimulů závisí na hladinách slinné alfa-amylázy u dospívajících s nadváhou. Ukázali možnou užitečnost slinné alfa-amylázy jako ukazatele hladu a sklonu k obezitě u lidí s nadváhou. Určitou limitací této studie však bylo, že úroveň hladu měřila pouze skrze dotazníky a také, že nebyly realizované druhé odběry po skončení úlohy.

2.4.3 Vliv hladu na pozornostní selekci

Dalším aspektem, o kterém se předpokládá, že by mohl mít silný vliv na to, jak vnímáme potravinové stimuly je hlad. Předpokládá se, že hlad bude mít za následek větší pozornostní selektivitu k vizuálním potravinovým stimulům (Channon & Hayward, 1990) a obzvláště k těm s vysokou kalorickou hodnotou (Castellanos et al., 2009; Doolan et al., 2014; Loeber et al., 2013; Nijs, Muris, et al., 2010b; Stamataki et al., 2019).

Studie (Channon & Hayward, 1990), zkoumající vliv 24h půstu na Food Stroop testu ukázala, že hlad opravdu zpomalil reakční čas účastníků v porovnání v těmi nasycenými. V podobné studii (Lavy & Van Den Hout, 1993) také po 24h půstu zkoumali reakční časy nasycených a hladových účastníků. Zvolili dvě sady kontrolních slov, jedna sada slov byla z oblasti dovolené a druhá z oblasti náradí. Hladoví účastníci vykazovali delší reakční čas, když byla kontrolní slova z první sady a naopak u druhé kontrolní sady pozornostní selekce nalezena nebyla.

Větší část studií také zkoumala teorie, jestli se stav hladu projeví na pozornosti lidí s rozdílnými hodnotami BMI. (Castellanos et al., 2009) zkoumali pozornostní selektivitu u potravinových stimulů u skupiny obézních žen a skupiny žen s normální vahou v hladovém i sytém stavu, za pomoci eye-trackingové metody a Dot Probe tasku. Sledovali směr pohledů, trvání pohledů a reakční čas účastnic. Zjistili, že účastnice ve skupině s normální vahou

v hladovém stavu přesunuly svou pozornost spíše k potravinovým stimulům, v sytém stavu už však ne. U obézní skupiny se pozornost k potravinovým stimulům přesunula v obou stavech. (Nijs, Muris, et al., 2010b) v podobné studii se skupinou žen s normální váhou a skupinou obézních žen zjistili, že všechny ženy měly selektivní pozornost k obrázkovým stimulům bez ohledu na BMI či stav systosti. Dále zjistili, že obézní ženy měly větší pozornostní selekci během stavu hladu i stavu sytosti než ženy s normální váhou.

(Doolan et al., 2014b) jako první provedli obdobnou studii také na mužích různé váhové kategorie. Nepotvrdili předpoklad, že hladoví lidé budou mít zaměřenou pozornost k obrázkům potravin, nezávisle na BMI statusu. Je však možné, že skupina sytých účastníků nebyla dostatečně sytá. Design studie byl postaven tak, že všichni účastníci dostali instrukce přijít po minimálně 8h půstu a účastníci, kteří byli přiřazeni do skupiny sytých, dostali k jídlu tekutou stravu (milkshake).

(Phelan et al., 2011) měli ve své studii 3 skupiny participantů: s normální váhou, obézní, a skupinu dlouhodobě úspěšných udržovačů hmotnosti. Všichni přišli po minimálně 4h půstu. V úloze Food Stroop testu byla prezentována vysokokalorická a nízkokalorická slova. U obezních ani u zdravých participantů se nenašly rozdíly v pozornostní selekci. Pouze u skupiny účastníků dlouhodobě si udržujících hmotnost byly pozorovány pomalejší reakční časy na vysokokalorická slova. Je možné, že vliv na výsledky mohl mít relativně krátký čas půstu, který byl účastníkům zadán nepřesně, protože instrukce stanovili pouze minimální čas půstu a dále už nebyl zjišťován.

(Stamataki et al., 2019) ve své studii, za použití baterie neurokognitivních testů, mezi kterými byl i Dot Probe task, a která probíhala na skupině obézních účastníků a skupině s normální váhou ukázali, že pozornost k potravinovým podnětům byla významně zvýšena v hladovém stavu (10-12 h), ve srovnání se stavem sytosti, bez ohledu na BMI hodnoty.

Z důvodu nedostatku základních údajů o pozornostní selekci k potravinám u zdravých lidí se (Jonker et al., 2020) rozhodli na 104 zdravých ženách zkoumat pozornostní selekci k potravinovým stimulům ve stavu hladu (po 14h půstu) a sytosti. Pomocí eye-trackingu a metody ARDPEI (Attentional Response to Distal vs. Proximal Emotional Information) pozornostní reakce na distální vs. proximální emoční informace [(Grafton & MacLeod, 2014)] zkoumali pozornostní zaujetí či naopak odtážení pozornosti u potravinových vs. nepotravinových vizuálních stimulů. Studovali zároveň vliv délky prezentovaného vizuálního podnětu (100 ms a 500 ms). Zjistili, že stav hladu dokázal modulovat pozornost účastnic, protože pozornostní zaujetí bylo zjištěno pouze u hladových žen, ale jen u podnětů prezentovaných 100 ms. Nasycené nevykazovaly ani pozornostní zaujetí ani odtážení pozornosti vůči potravinovým podnětům.

Obecně data z různých studií zabývající se otázkou, jak může stav nasycení modulovat naši pozornost ukazují, že stav hladu může mít velký vliv na pozornostní selekci k potravinovým stimulům i u různých hmotnostních skupin. Je však zatím nemožné tvrdit s jistotou, že tomu tak je, protože výše uvedené studie ve svých experimentech nepoužívají stejnou metodiku. Také není v literatuře ustanoven jednotný konsenzus ohledně vymezení stavu hladu (na rozdíl od přesně definovaného statusu BMI). Hodnoty ohledně půstu se pohybují od 4 h až po 24 h, což má na výsledky značný vliv.

3 Cíle diplomové práce

Obezita se v posledních dekáдах stává globální pandemií. K rozvoji tohoto multifaktoriálního problému může také přispívat zvýšená expozice člověka potravinovým stimulům, například v médiích a reklamách. Tyto podněty mohou působit na centra řízení příjmu potravy v mozku a ovlivňovat potravní chování (Martin-Soelch et al., 2007). Vzhledem k rostoucímu výskytu podnětů znázorňujících potraviny s vysokokalorickým obsahem v reálném i virtuálním světě je důležité porozumět mechanismům regulace pozornosti na potravinové podněty a jejich souvislost s psychofyziologickou reakcí.

Pro tuto diplomovou práci byly zvolené dostupné, lehce aplikovatelné, neinvazivní metody k měření různých biomarkerů spojených s reakcí ANS na potravinové stimuly. Cílem práce je zjištění reakce zdravých subjektů, žen i mužů s normálním BMI, na vizuální potravinové podněty během stavu hladu a sytosti.

Cíle práce jsou:

- Stanovit rozdíly ve vizuální pozornosti na potravinové podněty u hladových a sytých;
- Stanovit rozdíly v elektrodermální aktivitě na potravinové podněty u hladových a sytých;
- Stanovit rozdíly ve slinných biomarkerech aktivace HPA osy a sympatiku v reakci na potravinové podněty u hladových a sytých.

4 Materiál a metody

4.1 Experimentální sezení

Laboratorní sezení se odehrávalo v prostorech laboratoře Viničné 7, Přírodovědecké fakulty Karlovy Univerzity. Celé sezení trvalo 45 – 60 min. Probíhalo mezi 8-10 h ráno. Jednalo se o 41 subjektů (23 žen, 18 mužů), ve věkovém rozmezí 18-55 let (věk 28 ± 8), s normálními hodnotami BMI (18,5-25).

Účastníci byli ještě před samotným sezením instruováni přijít ráno do 2 h po vlastní snídani, nebo naopak po 12h půstu podle toho, jestli byli zařazeni do syté ($n=18$) nebo hladové skupiny ($n=23$). Po příchodu do laboratoře byly účastníci seznámeni s detailními informacemi ohledně experimentu a byl jim dán na podpis informovaný souhlas (Příloha 1).

Poté byly požádáni, aby si propláchli ústa vlažnou vodou připravenou ve sklenici. Následně jim byl dán k vyplnění dotazník (Příloha 2), ve kterém subjektivně hodnotili svůj momentální stav hladu a sytosti. Následně jim byly odebrány sliny pomocí samoodběru. Poté byli účastníkům nasazeny senzory (elektrody). Proběhla kalibrace oční kamery a účastníci dostali instrukce k nadcházejícímu bloku prezentace. Po absolvování prvního bloku byly elektrody sundány a byl proveden další odběr slin. Poté následoval druhý blok - Food Stroop test. Po skončení bloku účastníci opět vyplnili dotazník, kde opět zhodnotili svůj momentální stav hladu a sytosti. Nakonec byla dobrovolníkům udělen dárkový poukaz v hodnotě 100 Kč za účast na studii.

4.1.1 Odběr slin

Odběr slin během experimentu probíhal 2x. Poprvé před prvním blokem experimentu a následně po jeho skončení. 30 minut před prvním odběrem vzorků nebylo povoleno žádné jídlo a pití (kromě vody). Všichni účastníci si přibližně 5 minut před odběrem slin důkladně vypláchli ústa vodou. Sliny byly odebrány pomocí samoodběrného kitu (Salimetrics Passive Drool Method), který obsahoval zkumavku a malou nálevku pro samoodběr.



Obr. 6: Ukázka samoodběru slin

Převzato z: Salimetrics Collection Methods: Passive Drool using the Saliva Collection Aid Instruction manual

Při každém odběru bylo nashromážděno minimálně 1 ml kapaliny. Vzorky byly do 4 hodin zmrazeny na -20 °C. U odebraných vzorků byl dodržen protokol soupravy Expanded Range High

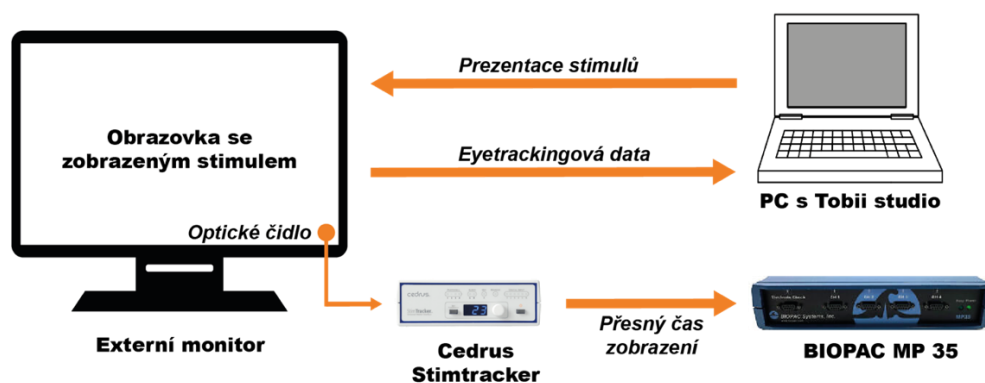
Sensitivity Salivary cortisol Enzyme Immunoassay kit od společností Salimetrics Pro (#1-3002) a Alpha-Amylase Saliva ELISA od společnosti BioVendor R&D(RTC020R).

4.1.2 Měření eye-trackingu

Účastníci seděli 60 cm od monitoru tak, aby jejich pohled směřoval na monitor počítače, kde byla promítána prezentace vizuálních potravinových stimulů a Food Stroop test. Pro snímání veškerých očních pohybů během experimentu byl použit eye-trackingový software Tobii Studio 3.4.8 a eye-trackingové zařízení Tobii X2-60, připevněný na držáku nasazeném uprostřed spodní hrany monitoru. Před začátkem měření účastníci absolvovali devítibodovou kalibraci očních pohybů.

4.1.3 Měření elektrodermální aktivity

Elektrodermální aktivita byla měřena pomocí jednorázových elektrod (BIOPAC EL507), které byly přilepené na břívka ukazováku a prostředníku nedominantní ruky účastníka. Elektrodové svody byly připojené na BIOPAC MP35 acquisition systém, jehož signál se vzorkovací frekvencí 200 Hz zaznamenával software Biopac Student Lab 4.1.3.



Obr. 7: Zapojení a propojení eye-trackingového a elektrodermálního měření.

Cedrus Stimtracker byl použit na synchronizaci fyziologických dat a eye-trackingu

Zdroj: Vlastní zpracování

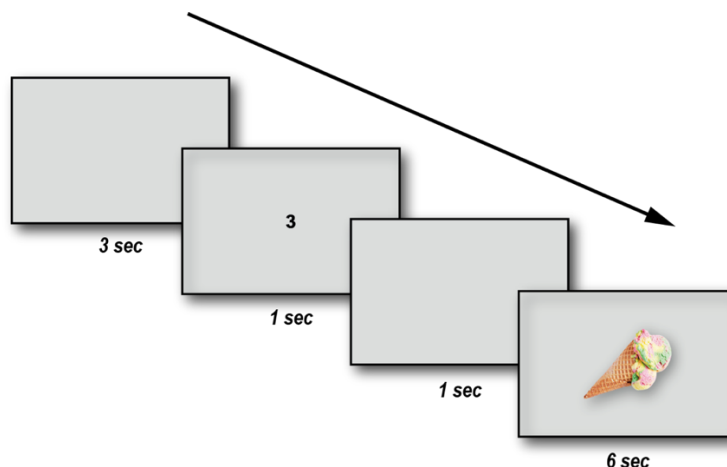
4.1.4 Prezentace vizuálních potravinových stimulů

Prezentace vizuálních podnětů byla navržena v softwaru Tobii Studio 3.4.8. Standardizované podněty promítané na obrazovce počítače byly ve třech kategoriích: vysokokalorické (30) nízkokalorické (31) a nepotravinové (30). Výběr podnětů byl udělán podle kalorických tabulek. Obrázky jednotlivých podnětů byly nalezeny na internetu a upraveny v programu Photoshop, aby měly stejné neutrální pozadí a byly ve stejném rozlišení (Příloha 3).

Potravinové i nepotravinové podněty byly prezentovány po dobu 6 s, což poskytlo dostatek času na zachycení elektrodermálních reakcí (Boucsein et al., 2012). Pořadí podnětů bylo randomizováno.

Před začátkem prvního bloku experimentu byla participantům sděleno, že jejich úkolem je dívat se na prezentované stimuly, a pokud se na obrazovce objeví číslo, říci ho nahlas.

Prezentace začínala snímkem, který obsahoval instrukce, že se vzápětí objeví na několik minut černá obrazovka, při které je třeba se uvolnit, ale neusnout. Černá obrazovka byla prezentována 5 minut, hned poté následovala na 1 sekundu zelená obrazovka. Poté následovala na 3 sekundy šedá obrazovka, poté náhodně jedno z čísel 1-3 na 1 sekundu, následoval stimuly na 6 sekund. Poté znovu šedá obrazovka, číslo, šedá obrazovka, podnět (Obr. 8)



Obr. 8: Design prezentace stimulů

Nejprve se na 3 sekundy objevila šedá obrazovka, poté na 1 sekundu náhodně jedno z čísel 1-3, následoval 6 sekundový stimuly. Úkolem účastníků bylo říct číslo nahlas a jinak pouze sledovat obrazovku.

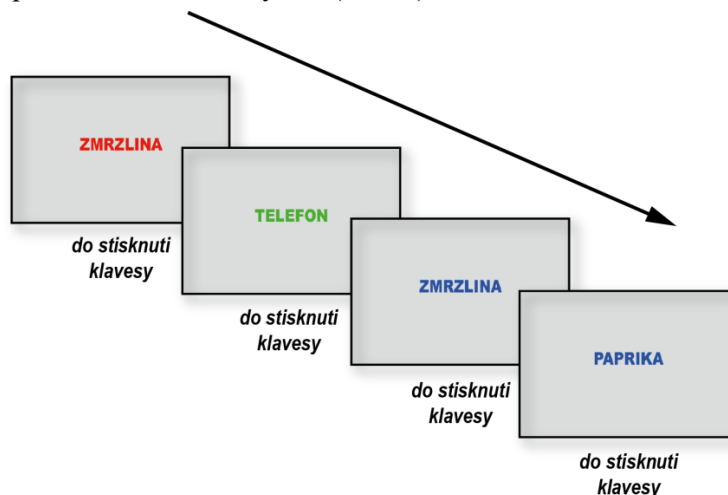
Zdroj: Vlastní zpracování

4.1.5 Food Stroop test

Druhým blokem experimentu byl Food Stroop test. Pro potřeby tohoto experimentu byla v Tobii programu vytvořena česká modifikace Stroop Testu (česká verze Food Stroop testu nebyla dohledatelná). Tento Food Stroop testu obsahoval 36 českých slov. Těchto 36 slov bylo rozděleno na 3 kategorie, slova pojmenovávající vysokokalorické potraviny (např. pudink), slova pojmenovávající nízkokalorické potraviny (např. mrkev) a slova pojmenovávající nepotravinové, neutrální věci (např. koště). Při výběru slov byl kladen důraz na vizuální stránku, aby triády slov byly přibližně stejně dlouhé (Příloha 3).

Každé z těchto slov se v testu objevilo jednou v každé barvě (modře, zeleně a červeně). Pořadí slov bylo randomizováno a bylo vytvořeno 50 randomizačních protokolů, takže každý participant dostal test s jiným pořadím slov. Participant sledovali slova na obrazovce počítače a před sebou měli upravenou klávesnici, kde byly vyznačeny barevnými čtverečky (modrými, zelenými a červenými) tři místa na klávesnici vedle sebe. Účastníci byli instruováni, že jejich úkolem je co nejrychleji určit jakou barvou je slovo na obrazovce napsáno (bez ohledu na jeho význam) pomocí zmáčknutí klávesy, která má na sobě příslušnou barvu (např. pokud se na obrazovce objeví modře napsané slovo, správně by měli zmáčknout modře označené tlačítko klávesnice). Test probíhal na stejném místě jako první blok experimentu. Na začátku testu

měli účastníci zopakované instrukce na obrazovce a poté následoval krátký cvičný test s 6 slovy pojmenovávajícími různé vodní plochy a toky – řeka, oceán atd.), aby se s tímto typem úkolu seznámili. Hned poté následoval reálný test (Obr. 9).



Obr. 9: Design prezentace Food Stroop Test.

Dohromady 36 slov různých kategorií (vysokokalorických, nízkokalorických i nepotravinových) byla prezentována v různých barevných verzích, pokaždé v randomizovaném pořadí. Úkolem účastníků bylo příslušným stisknutím klávesy určit barvu slova, až poté se objevilo další slovo.

Zdroj: Vlastní zpracování

4.1.6 Dotazníky

K tomuto experimentu byl vytvořen dotazník ve formě vizuální analogové škály (visual analog scale). V tomto dotazníku bylo 8 otázek. Každá byla vyobrazena jako 100 mm dlouhá horizontální čára a na každém konci byla popisek škály. Účastníci měli na každé čáře označit bod, který cítí, že představuje jejich aktuální stav.

Otázky byly sestaveny tak, aby bylo možné zjistit současný stav hladu či sytosti účastníků a také jejich současné potravinové preference. Dotazníky se stejnými otázkami dostali účastníci před začátkem sezení a po skončení sezení (Příloha 2).

4.2 Zpracování vzorků a analýza dat

4.2.1 ELISA

Poskytnuté vzorky slin byly ihned po odběru uskladněny v mrazícím boxu v -20 °C a vyjmuty až na analýzu. Vzorky byly testovány na slinný kortizol a alfa-amylázu. Hladiny hormonů ve slinách byly stanoveny metodou přímého imunoenzymatického stanovení metodou ELISA (Enzyme-Linked Immunosorbent Assay).

Na analýzu byly použity dvě soupravy. Pro analýzu slinného kortizolu byla použita souprava Expanded Range High Sensitivity Salivary cortisol Enzyme Immunoassay kit od společnosti Salimetrics (#1-3002). Pro analýzu slinné alfa-amylázy byla použita souprava Alpha-Amylase Saliva ELISA od společnosti BioVendor R&D (RTC020R).

Vzorky byly z -20 °C přemístěny do lednice den před plánovanou analýzou, aby rozmrzly. V den analýzy byly vzorky hodinu před začátkem vybrány z lednice spolu s testovacími soupravami, aby se dostaly na pokojovou teplotu. Z kompletně rozmrzlých vzorků se odebrala vždy půlka objemu slin do jiné mikrozkušavky, aby byly objemy rovnoměrně rozděleny a bylo možné provést obě analýzy hormonů.

Slinný kortizol

Součástí testovací soupravy pro slinný kortizol byla 96jamková destička předem potažená monoklonálními anti-kortizol protilátkami. O vazebná místa na protilátky soutěží kortizol nacházející se ve vzorcích a ve standardech s kortizolem, který je konjugovaným s křenovou peroxidázou. Protilátek je omezený počet a nenavázané složky se po inkubaci odmyjí. Následně se přidá substrát tetramethylbenzidin (TMB), který reaguje na enzym peroxidázy a tato reakce vytváří modrou barvu. Zastavuje se přidáním stop-roztoku (zastavovacího roztoku), který vyvolá barevnou změnu na barvu žlutou. Optická hustota se odečítá na spektrofotometru při 450 nm. Množství detekovaného kortizolového enzymového konjugátu je nepřímo úměrné množství kortizolu, který je přítomný ve vzorku.

Před začátkem pipetování vzorků a standardů na destičku bylo nutné připravit podle návodu zředěný promývací roztok a zředěný enzymový konjugát. Finální promývací roztok se připravil přidáním 1 dílu promývacího roztoku k 9 dílům destilované vody (100 ml koncentráту promývacího pufru do 900 ml destilované vody). Naředěný enzymový konjugát 1:1600 se připravil přidáním 15 μ l enzymového konjugátu do zkumavky, ve které bylo 24 ml rozpouštědla (assay diluent). Vzorky určené na analýzu slinného kortizolu byly nejprve zvortexovány a stočeny v centrifuze na 15 minut při nastavení 1500 G.

Samotná ELISA byla provedena v následujících krocích:

- 1) Do jamek na destičce byly napipetovány duplikáty standardů a kontrol a triplikáty vzorků, ze kterých se po zvortexování pipetoval čistý supernatant. Množství jednotlivých objemů bylo 25 μ l;
- 2) Do jamek s označením zero a NSB bylo napipetováno 25 μ l rozpouštědla (assay diluentu);
- 3) Do každé jamky bylo napipetováno 200 μ l zředěného assay diluentu;
- 4) Následovalo promíchání na třepačce při nastavení 500 rpm na 5 minut a inkubace při pokojové teplotě 1 h;
- 5) Po inkubaci byla destička promyta přidáním 4x300 μ l promývacího roztoku do každé jamky;
- 6) Následovalo opět promíchání na třepačce při nastavení 500rpm na 5 minut a inkubace ve tmě při pokojové teplotě 25 minut;
- 7) Poté se napipetovalo 100 μ l stop-roztoku do každé jamky a destička se dala na třepačku při nastavení 500 rpm na 3minuty, než se barva změnila ze zelené na žlutou;
- 8) Po přidání stop-roztoku bylo nutné změřit absorbanci do 10 minut. Destička byla vložena do spektrofotometru a byla změřena absorbance při vlnové délce 450 nm;

- 9) Všechny výsledky byly vyhodnoceny pomocí programu Myassay (myassays.com);
- 10) Před samotnou analýzou byla použita 1.5 IQR metoda pro vyloučení outlierů. Pro vyloučení odlehklých hodnot bylo použito kritérium metoda 1,5 násobku mezikvartilového intervalu (IQR) nad 3. kvantilem (Q3) a pod prvním kvantilem (Q1). Hodnota x byla uznána jako platná, jestliže platilo: $Q1 - 1,5 \cdot IQR < x < Q3 + 1,5 \cdot IQR$.

Následně byla data zpracována ve statistickém programu GraphPad Prism version 8.0. for Windows (GraphPad Software, San Diego, California USA).

Alfa-amyláza

Součástí testovací soupravy na volnou alfa-amylázu v lidských slinách byla 96jamková destička předem potažená anti-rabbit protilátkami. O vazebná místa na protilátky soutěží alfa-amyláza ve vzorcích a ve standardech s alfa-amylázou, která je konjugovaná s peroxidázou. Protilátek je omezený počet a nenavázané složky se po inkubaci odmyjí. Následně se přidá substrát tetramethylbenzidin (TMB), který reaguje na enzym křenové peroxidázy a katalyzuje barevnou reakci. Zastavuje se přidáním stop-roztoku, který vyvolá barevnou změnu. Optická hustota se odečítá na spektrofotometru při vlnové délce 450 nm. Množství detekovaného alfa-amylázového enzymového konjugátu je nepřímě úměrné množství alfa-amylázy, která je přítomná ve vzorku.

Před začátkem pipetování vzorků a standardů na destičku se podle návodu připravil zředěný promývací roztok a zředěné vzorky. Výsledný promývací roztok se připravil přidáním 1 dílu promývacího roztoku k 9 dílům destilované vody (100 ml koncentráту promývacího pufru do 900 ml destilované vody). Dále se naředily vzorky subjektů v sample bufferu v poměru 1:201.

Samotná ELISA byla provedena v následujících krocích

- 1) Do jamek na destičce se napipetovaly duplikáty standardů a kontrol a triplikáty naředěných vzorků. Množství jednotlivých objemů bylo 20 μ l;
- 2) Napipetovalo se 100 μ l roztoku enzymového konjugátu (peroxidázou značená alfa-amyláza) do každé z jamek;
- 3) Dále se napipetovalo 100 μ l roztoku antiséra (polyklonální protilátka proti alfa-amyláze) do každé z jamek;
- 4) Následně se destička zakryla ochranou folií a inkubovala se 1 h na třepačce (400 U/min) při pokojové teplotě;
- 5) Ochranná fólie byla odstraněna a jamky se následně 3krát promyly 300 μ l promývacího roztoku;
- 6) Dále bylo napipetováno 100 μ l chromogen substrátu do každé jamky;
- 7) Následně se destička ve tmě inkubovala 15 minut při pokojové teplotě;
- 8) Poté se napipetovalo 100 μ l stop-roztoku do každé jamky. Po přidání stop-roztoku bylo nutné změřit absorbanci do 30 minut. Destička byla vložena do spektrofotometru a byla změřena absorbance při vlnové délce 450 nm;
- 9) Všechny výsledky byly vyhodnoceny pomocí programu Myassay (myassays.com);

- 10) Před samotnou analýzou byla použita 1.5 IQR metoda pro vyloučení outlierů. Pro vyloučení odlehlých hodnot bylo použito kritérium metoda 1,5 násobku mezikvartilového intervalu (IQR) nad 3. kvantilem (Q3) a pod prvním kvantilem (Q1). Hodnota x byla uznána jako platná, jestliže platilo: $Q1 - 1,5 \cdot IQR < x < Q3 + 1,5 \cdot IQR$.

Následně byla data zpracována ve statistickém programu GraphPad Prism version 8.0. for Windows (GraphPad Software, San Diego, California USA).

4.2.2 Eye-trackingová data

Pomocí softwaru Tobii studio verze 3.4.8. byly z nahraných eye-trackingových souborů vyexportovány parametry popisující charakteristiky pohledů pro jednotlivé podněty. Jednalo se především o fixace pohledu, jejich doba, poloha a počet. Získaná data se dále analyzovala pomocí statistického programu GraphPad Prism version 8.0. for Windows (GraphPad Software, San Diego, California USA).

4.2.3 Elektrodermální data

Analýza elektrodermálních dat probíhala v programu AcqKnowledge 5.0.2 Systems (CA, USA). Data byla nejprve resamplována na 50 Hz, poté byl aplikován low pass filtr nastavený na 1 Hz, který ze signálu odfiltroval vysoké frekvence. Nastavená prahová hodnota pro nalezení specifických elektrodermálních odpovědí byla nastavena na hodnotu 0,01 μ S podle (Braithwaite et al., 2013), který říká, že v dřívějších studiích se prahová hodnota nastavovala na 0.05 μ S, ale díky novějším a přesnějším technologiím se nižší hodnoty od 0.03 μ S až po 0.01 μ S staly běžnějšími.

Data byla dále očištěna od artefaktů, a následně na ně byla použita funkce analýzy elektrodermální aktivity. Za specifické elektrodermální odpovědi (SCR) byly považovány odpovědi v rozmezí 1-6s. Podle novějších studií je SCR typicky mezi 1-8 s až 1-10 s (Braithwaite et al., 2013; Mobascher et al., 2009). Na rozmezí 1-6 s se přistoupilo na základě přechozích měření v naší laboratoři, které jsme interně validovali. Elektrodermálních odpovědí bylo několik typů, jmenovitě se jednalo o SCL, latence, SCR amplitud., SCR onset, SCR rise. Dále byla data statisticky zpracovávána v programu GraphPad Prism version 8.0. for Windows (GraphPad Software, San Diego, California USA).

4.2.4 Food Stroop test data

Data z Food Stroop testů byla zpracovávána v programu Tobii Studio 3.4.8., kde byl vypočítán reakční čas každého účastníka. Reakčním časem byl charakterizován čas v sekundách, mezi zobrazením slova na obrazovce a stisknutím klávesnice.

Byly také spočítány správné a špatné odpovědi. Správné odpovědi byly v případě, že účastník stisknul klávesu označenou barvou, která odpovídala barvě slova, které se zobrazilo na obrazovce počítače, jinak se jednalo o nesprávné odpovědi. Následně byla data zpracována v programu GraphPad Prism version 8.0. for Windows (GraphPad Software, San Diego, California USA).

4.2.5 Dotazníková data

Dotazníky byli vyhodnoceny manuálně. Pomocí pravítka bylo na každé škále změřeno v kolika centimetrech mezi 0 cm a 10 cm se nacházel bod, který tam zanesli účastníci při vyplňování obou dotazníků. Následně byla data zpracována v programu GraphPad Prism version 8.0. for Windows (GraphPad Software, San Diego, California USA).

4.2.6 Statistická analýza dat

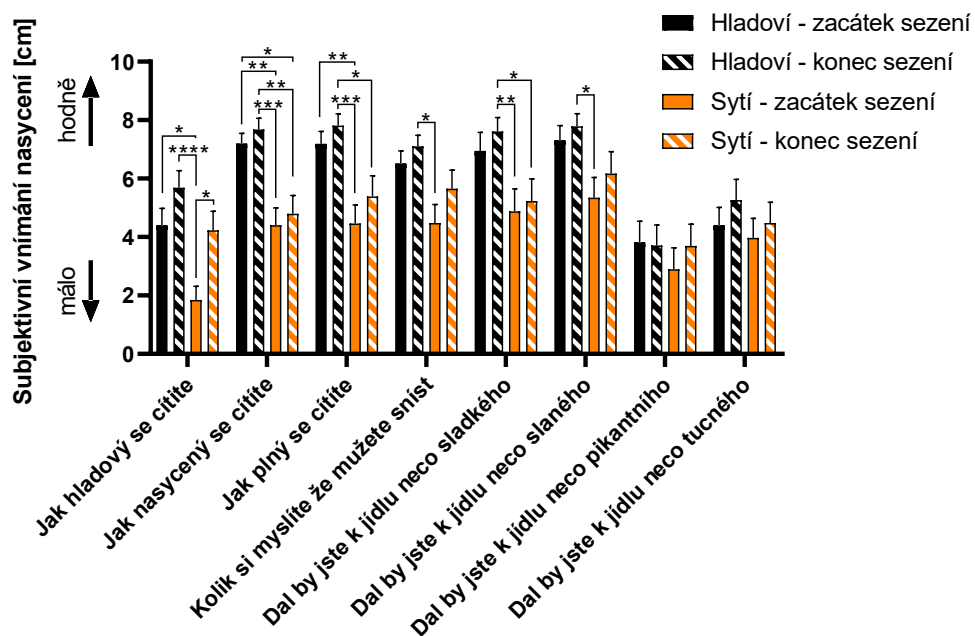
Veškerá data byla statisticky zpracovávána v programu GraphPad Prism version 8.0. for Windows (GraphPad Software, San Diego, California USA). Byla použita dvoucestná ANOVA a Tukeyova a Šidákova post-hoc metoda mnohonásobného porovnávání (uvedeno vždy u konkrétních testů v sekci výsledky). Hladina signifikance u post-hoc testů je vyznačena v grafech pomocí hvězdiček (* ~ $p < 0.05$, ** ~ $p < 0.01$, *** ~ $p < 0.0001$). Pro korelované hodnoty byla stanovena hodnota pearsonova koeficientu (r , včetně 95% konfidenčního intervalu), determinačního koeficientu (r^2) a hladina signifikance. Tyto hodnoty jsou uvedeny v tabulkách umístěných pod grafy.

5 Výsledky

5.1 Koreláty potravinových stimulů

5.1.1 Dotazníky

Bylo zkoumáno subjektivní vnímání hladu a sytosti u 41 účastníků studie pomocí dotazníků typu vizuální analogové škály (Příloha 2). K analýze byla použita dvoucestná ANOVA a Tukeyho post-hoc test pro mnohočetná porovnávání. Nebyl zjištěn signifikantní efekt otázky a stupně nasycení spolu s časem vyplnění ($F(21, 560) = 0,9217, p=0,5627$). Byl ale zjištěn signifikantní efekt otázky ($F(3, 560) = 27,50, p<0,001$) a stupně nasycení spolu s časem vyplnění ($F(7, 560) = 15,06, p<0,001$). Signifikantní rozdíly získané post-hoc testem jsou vyznačeny pomocí hvězdiček (obr. 10).



Obr. 10: Výsledky dotazníkového subjektivního sebehodnocení aktuálního stavu hladu a sytosti

5.1.2 Vizuální pozornost

V rámci analýzy eye-trackingových dat se u 41 účastníků sledovalo několik proměnných. Jednou z nich byl počet fixací, tzn. počet pohledů upřených na jedno místo prezentovaného stimulu (obr. 11). K analýze byla použita dvoucestná ANOVA a Šidákův post-hoc testu pro mnohočetná porovnávání. ANOVA neobjevila statisticky signifikantní vliv v kategorii stimulů a stupně nasycení na počet fixací ($F(2, 105) = 0,03987, p=0,9609$). Pro stupeň sytosti ($F(1, 105) = 2,544, p=0,1137$). Pro kategorii stimulů ($F(2, 105) = 1,142, p=0,3232$).

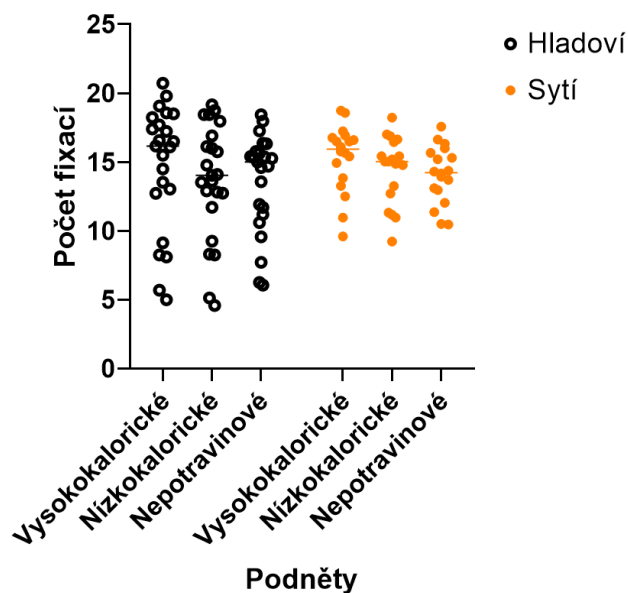
Sledoval se také celkový čas fixace, tedy celkový čas strávený na podnětu (obr. 12)

K analýze byla použita dvoucestná ANOVA a Šidákův post-hoc test pro mnohočetná porovnávání. ANOVA neobjevila statisticky signifikantní vliv u kategorie stimulů a stupně

nasycení na celkový čas fixace ($F(2, 117) = 0,02298, p=0,9773$). Pro stupeň nasycení ($F(1, 117) = 5770, p=0,4490$). Pro kategorii stimulů ($F(2, 117) = 0,1216, p=0,8856$).

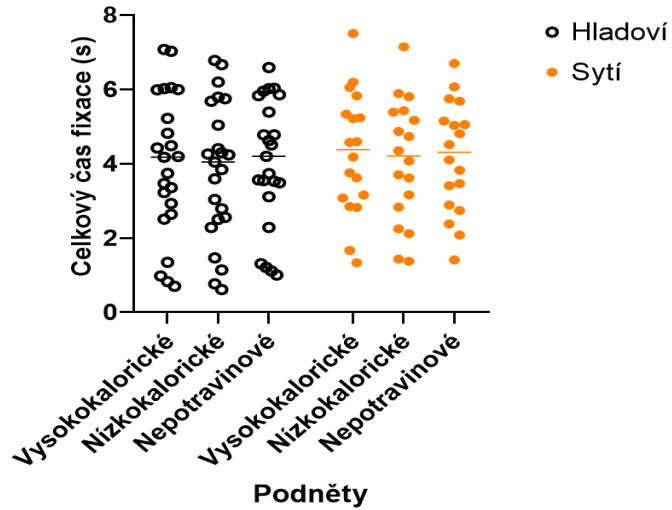
Dále byla sledována také změna délky fixací v závislosti na pořadí podnět (obr. 13). Byla zjištěna korelace mezi celkovou délkou fixace na stimulu a pořadím stimulu. Její výsledek byl statisticky signifikantní jak u hladových (Pearsonovo $r(89) = -0,6041, R^2 = 0,3649, p < 0,0001$), tak u sytých účastníků (Pearsonovo $r(89) = -0,3916, R^2 = 0,1534, p=0,0001$).

Byla zjištěna i korelace mezi sumou délek fixace a pořadím stimulu (obr. 14). Její výsledek byl statisticky signifikantní pouze u hladových účastníků (Pearsonovo $r(89) = -0,2517, R^2 = 0,06337, p=0,0161$). U sytých účastníků nebyla korelace statisticky signifikantní (Pearsonovo $r(89) = -0,2033, R^2 = 0,04132, p=0,0533$). Rovněž byla zjištěna korelace mezi průměrem délek fixace a pořadím podnětu. Její výsledek byl statisticky signifikantní pouze u hladových účastníků (Pearsonovo $r(89) = -0,2787, R^2 = 0,07766, p=0,0075$). U sytých účastníků nebyla korelace statisticky signifikantní (Pearsonovo $r(89) = -0,005514, R^2 = 3,041e-005, p=0,9586$).



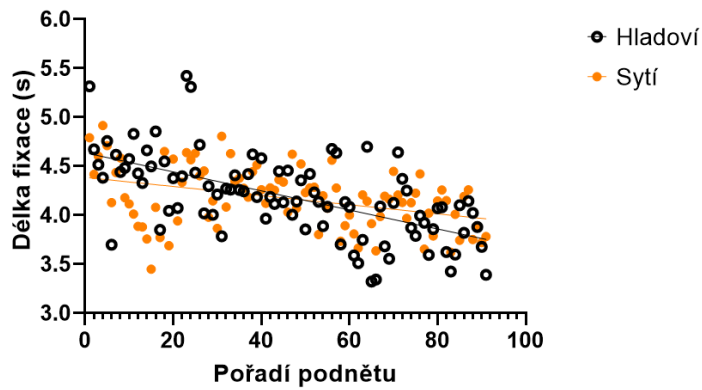
Obr. 11: Výsledky počtu fixací

Závislost počtu fixací na různých typech prezentovaných podnětů (vysokokalorických, nízkokalorických a nepotravinových) u skupiny hladových a skupiny sytých.



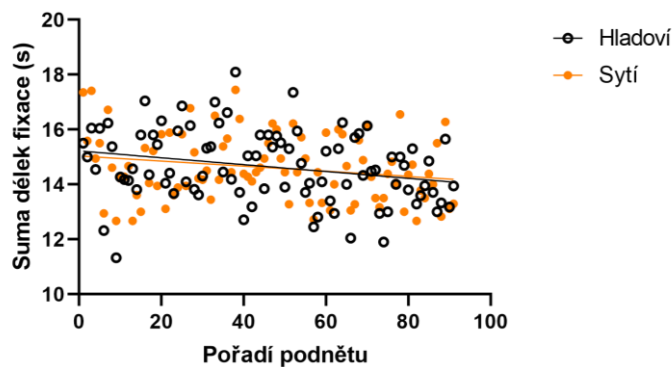
Obr. 12: Výsledky celkového času fixace

Závislost celkové času fixace na různých typech prezentovaných podnětů (vysokokalorických, nízkokalorických a nepotravinových) u skupiny hladových a skupiny sytých.



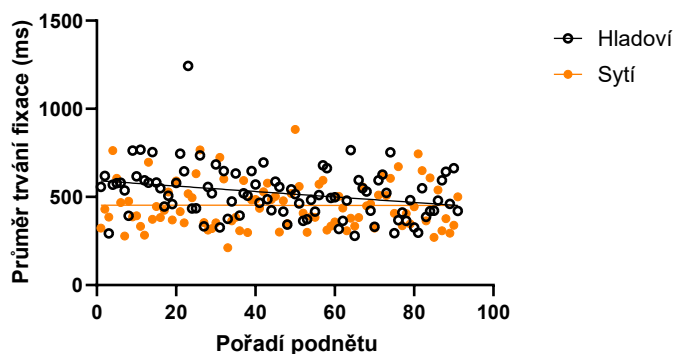
Obr. 13: Výsledky korelace délky fixace na pořadí podnětu

Korelace délky fixace a pořadí prezentovaných podnětů u skupiny hladových a skupiny sytých.



Obr. 14: Výsledky korelace sumy délek fixace na pořadí podnětu

Korelace sumy délek fixace a pořadí prezentovaných podnětů u skupiny hladových a skupiny sytých.

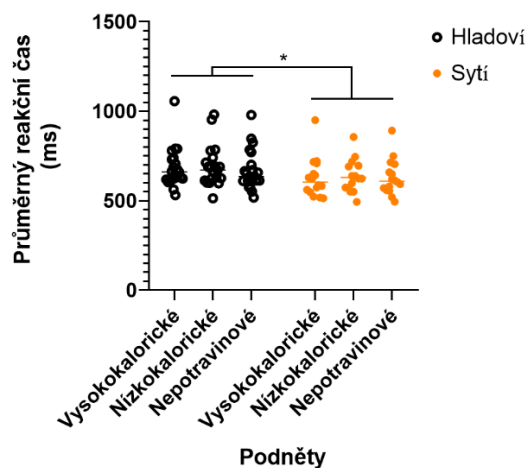


Obr. 15: Výsledky korelace průměrného trvání fixace na pořadí podnětu

Korelace průměrného trvání fixace a pořadí prezentovaných podnětů u skupiny hladových a skupiny sytých

5.1.3 Food Stroop test

U 37 účastníků byla za pomoci dvoucestné ANOVY a následného Šidákova post-hoc testu pro mnohočetná porovnávání analyzována délka průměrného reakčního času v závislosti na stupni nasycení a typu podnětu (obr. 16). Nebyl zjištěn statisticky signifikantní efekt kategorií stimulů a stupně nasycení na průměrný reakční čas ($F(2, 105) = 0,04108, p=0,9598$). Ani pro kategorii stimulů ($F(2, 105) = 0,1484, p=0,8622$). Signifikantní efekt byl nalezen mezi skupinou hladových a sytých ($F(1, 105) = 6,111, p = 0,0150$).



Obr. 16: Výsledky Food Stroop testu

Výsledky průměrných reakčních časů na různé typy slov (vysokokalorická, nízkokalorická a nepotravinová) u skupin hladových a sytých.

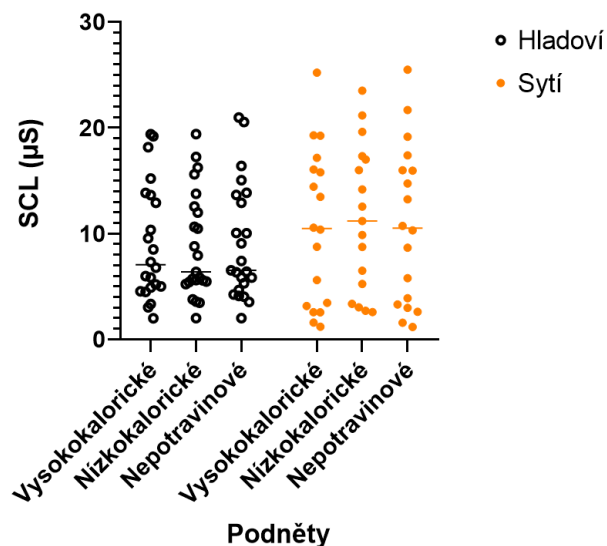
5.1.4 Elektrodermální aktivita

U 41 účastníků byla hodnocena získaná data EDA. Pomocí dvoucestné ANOVY a následného Šidákova post-hoc testu pro mnohočetná porovonávání se hodnotila závislost mezi typem prezentovaného podnětu a SCL v souvislosti se stupněm nasycení (obr. 17). Nepodařilo se zjistit rozdíly v hladině kožní vodivosti ($F(2, 115) = 0,08694, p=0,9168$). Nepodařilo se statisticky signifikantně vliv jednotlivých proměnných na SCL. Pro stupeň nasycení ($F(1, 115) = 2,938, p=0,0892$). Pro kategorii podnětů ($F(2, 115) = 0,02453, p=0,9758$).

Dvoucestnou ANOVOU a následným Šidákovým post-hoc testem pro mnohočetná porovonávání byl rovněž hodnocen vliv stupně nasycení a typu podnětu na latenci (obr. 18). Nepodařilo se nalézt signifikantní vliv na latenci ($F(2, 115) = 0,4535, p=0,6366$). Statisticky nesignifikantně vyšly vliv jednotlivých proměnných na latenci. Pro stupeň nasycení $F(1, 115) = 1,263, p=0,2634$. Pro kategorii podnětů ($F(2, 115) = 0,5864, p=0,5580$).

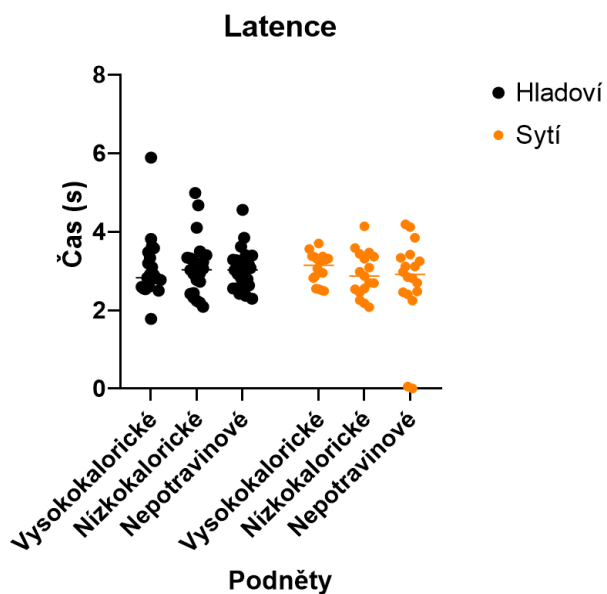
Dvoucestnou ANOVOU a následným Šidákovým post-hoc testem pro mnohočetná porovonávání se hodnotil i vliv stupně nasycení a typu podnětu na SCR amplitudu (obr. 19). (Nepodařilo se objevit signifikantní hlavní efekt ($F(2, 115) = 0,2966, p=0,7439$) ani efekt jednotlivých proměnných. Pro stupeň nasycení ($F(1, 115) = 2,447, p=0,1205$). Pro kategorii podnětů ($F(2, 115) = 1,099, p=0,3367$).

Pomocí dvoucestné ANOVY a následného Šidákova post-hoc testu pro mnohočetná porovonávání hodnocen i vliv stupně nasycení a typu podnětu na SCR Rise time (obr. 20.) Nebyl zjištěn signifikantní hlavní efekt u SCR Rise time ($F(2, 115) = 1,311, p=0,2736$). Statisticky nesignifikantně vyšel tak vliv jednotlivých proměnných na SCR Rise time. Pro sytost ($F(1, 115) = 0,04584, p=0,8308$). Pro kategorii podnětů ($F(2, 115) = 0,7738, p=0,4636$).



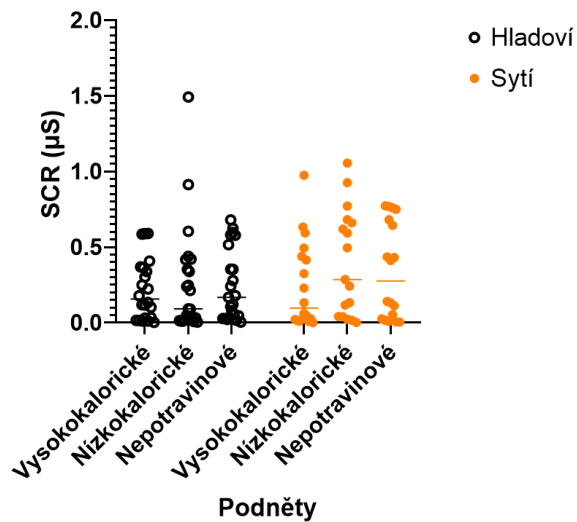
Obr. 17: Výsledky SCL

Souvislost hladiny kožní vodivosti s různými typy prezentovaných podnětů (vysokokalorických, nízkokalorických a nepotravinových) v obou zkoumaných skupinách (hladových a sytých).



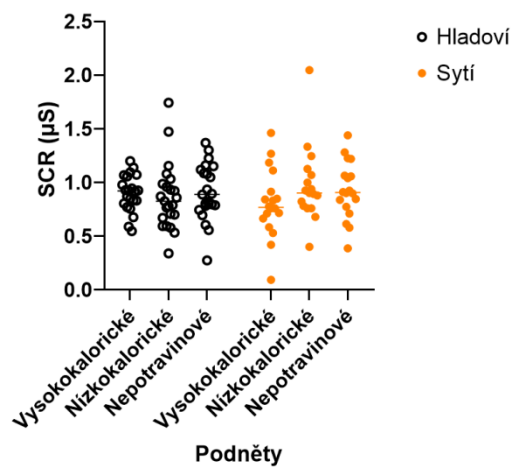
Obr. 18: Výsledky Latence

Statická závislost Latence na jednotlivých kategoriích prezentovaných podnětů (vysokokalorických, nízkokalorických a nepotravinových) v obou zkoumaných skupinách (hladoví a sytí).



Obr. 19: Výsledky SCR Amplituda

Statická závislost SCR Amplituda na jednotlivých kategoriích prezentovaných podnětů (vysokokalorických, nízkokalorických a nepotravinových) v obou zkoumaných skupinách (hladoví a sytí).



Obr. 20: Výsledky SCR Rise time

Statická závislost SCR Rise time na jednotlivých kategoriích prezentovaných podnětů (vysokokalorických, nízkokalorických a nepotravinových) v obou zkoumaných skupinách (hladoví a sytí).

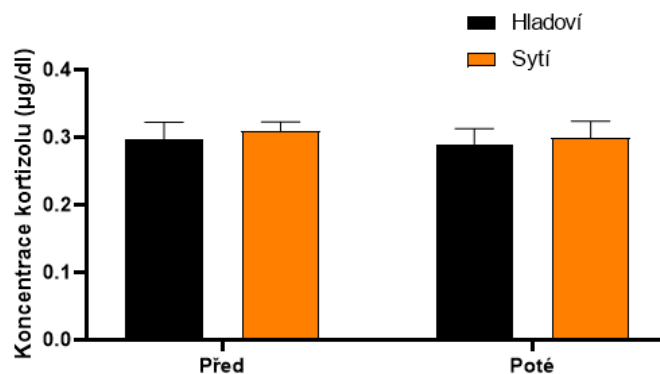
5.1.5 Slinné markery

U 28 účastníků byla zjišťována hladina koncentrace slinného kortizolu před a po sezení mezi skupinou hladových a sytých (obr. 21). 21 vzorků bylo analyzováno za pomoci dvoucestné ANOVY a následného Šidákova post-hoc testu pro mnohočetná porovnávání. Nebyly zjištěny

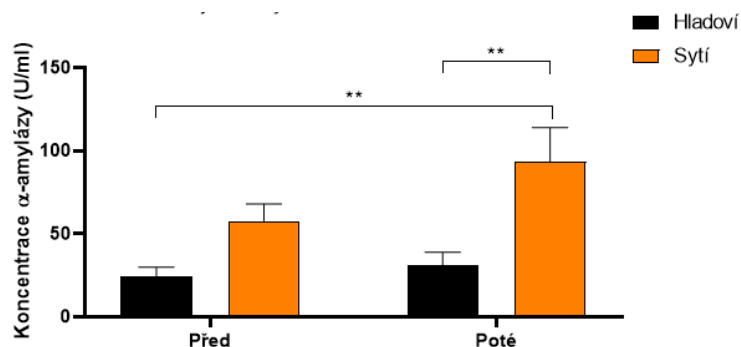
žádné statisticky významné rozdíly v koncentraci kortizolu mezi prvním a druhým odběrem slin a mezi stupněm nasycení ($F(1, 44) = 0,002148$, $p=0,0892$), ani pro stupeň nasycení ($F(1, 44) = 0,2060$, $p=0,6521$) a ani pro rozdíl mezi prvním a druhým odběrem ($F(1, 44) = 0,1494$, $p=0,7010$).

Dále byla zjišťována koncentrace slinné alfa-amylázy před začátkem a po konci sezení mezi skupinami (obr. 22). Do statistické analýzy bylo zahrnuto 24 účastníků. K analýze byla použita dvoucestná ANOVA a následný Šidákův post-hoc testu pro mnohočetná porovnávání. Nebyl nalezen významný vliv nasycení a času odběru vzorku na koncentraci slinné alfa-amylázy ($F(1, 48) = 1,233$, $p=0,2723$) ani vliv samotného času odběru ($F(1, 48) = 2,623$, $p=0,1119$). Byl nalezen statisticky významný vliv stupně nasycení ($F(1, 48) = 13,41$, $p=0,0006$). Signifikantní rozdíly nalezené pomocí post-hoc Šidákova testu jsou v grafu označeny hvězdičkami.

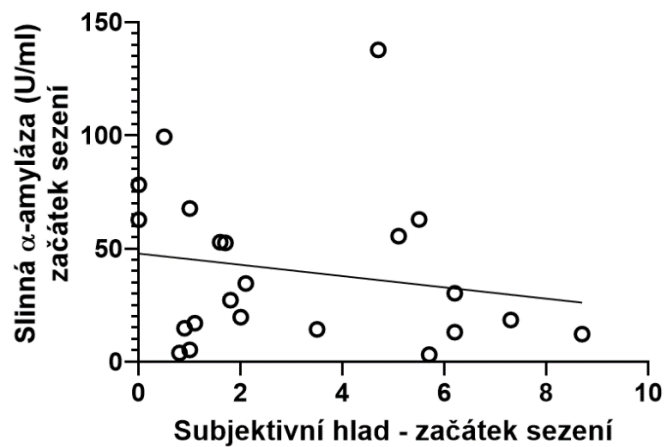
Zároveň byla analyzována korelace subjektivního hodnocení hladu, konkrétně první otázky v dotazníku „Jak hladový se cítíte?“ a hodnot slinné alfa-amylázy před začátkem sezení (obr. 23) a po skončení sezení (obr. 24). Zatímco na začátku sezení se tato korelace neprokázala (Pearsonovo $r(20) = -0,1885$, $R^2 = 0,03554$, $p=0,4008$), tak po konci sezení se korelace ukázala jako významná (Pearsonovo $r(20) = -0,6202$, $R^2 = 0,3846$, $p=0,0016$).



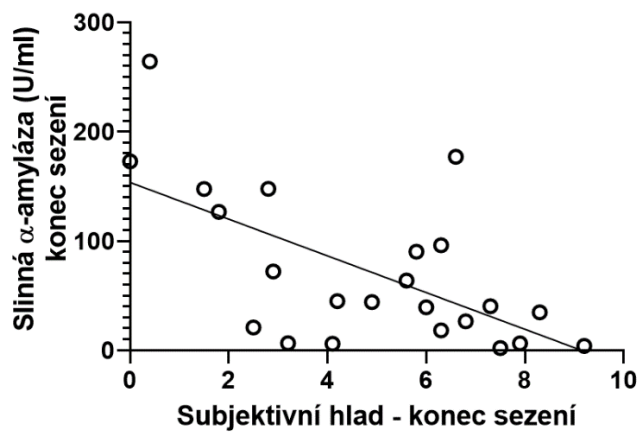
Obr. 21: Výsledek koncentrací slinného kortizolu před začátkem sezení a po skončení sezení



Obr. 22: Výsledek koncentrace slinné alfa-amylázy před začátkem sezení a po skončení sezení



Obr. 23: Výsledek korelace hodnot subjektivního hladu a koncentrace slinné alfa-amylázy před začátkem sezení.



Obr. 24: Výsledek korelace hodnot subjektivního hladu a koncentrace slinné alfa-amylázy po konci sezení

6 Diskuse

6.1 Eye-tracking

Výsledky eye-trackingových dat z prvního bloku experimentálního sezení, které spočívalo v pasivním prohlížení vizuálních potravinových a nepotravinových stimulů ukázaly, že délka fixace pohledu na stimulus se postupně během experimentálního sezení snižovala, jak u hladových, tak u sytých účastníků.

Suma délek fixace postupně během experimentálního sezení signifikantně klesala jen u hladových. Ukazuje to, že celková pozornost všech účastníků v průběhu experimentálního sezení klesala, a u hladových byl tento pokles významnější napříč celou skupinou. Nepodařilo se nalézt vliv kategorie podnětu na klesající pozornost, a jako vysvětlení se tedy nabízí upadání pozornosti s postupujícím časem.

Tyto výsledky jsou v souladu se nedávnou studií Jonkera a spolupracovníků (2020), kde použitím metody ARDPEI zjistili, že stav hladu (po 17h půstu) moduloval pozornostní selekci zdravých účastnic s normální váhou k potravinovým podnětům, ale pouze k těm, které byly prezentovány 100 ms. U podnětů prezentovaných 500 ms už zvýšená pozornost zaznamenaná nebyla. U sytých účastnic nebyla zvýšená pozornostní selekce k potravinám zaznamenaná ani u jednoho časového nastavení.

Toto zjištění by odpovídalo výsledkům upadající pozornosti v experimentální úloze volného prohlížení v této diplomové práci, kdy každý podnět byl prezentován 6 s, což je mnohonásobně více. Je pravděpodobné, že může jít o důvod, proč v naší studii nebyly nalezeny žádné další signifikantní rozdíly očních pohybů mezi hladovými a sytými

Eye-trackingová data také neukázala žádné signifikantní rozdíl mezi potravinovými a nepotravinovými podněty, což je v kontrastu s většinou dosavadní literatury (Doolan et al., 2014; Favieri et al., 2020; Nummenmaa et al., 2011). V těchto studiích však byly použity jiné testovací metody. Většinou se jednalo o úlohy, kde se účastník musí rozhodovat mezi podněty a zároveň ne všechny studie zkoumaly souběžně vliv stavu nasycení. Studie, které zvolili podobnou metodu pasivního prohlížení vizuálních potravinových stimulů ukázaly buď na to, že nejsou rozdíly udržené pozornosti mezi vysokokalorickými a nízkokalorickými potravinami (Graham et al., 2011), nebo že je dokonce větší počáteční pozornost na nízkokalorická jídla (Pedersen et al., 2021).

O komplexních mechanismech automatické pozornosti při pasivním prohlížení potravinových stimulů, při prezentování pouze jediného obrázku se zatím mnoho neví, a je možné, že měření a hodnocení celkového množství času stráveného na obrázku není ideálně zvolenou metodou. Ve své studii Wolf a spolupracovníci (2018) zjistili, že prezentace jednotlivých snímků, které mají nastavenou délku zobrazení, jako například v této práci (6s), nemá takovou souvislost s hodnocením potravinových snímků ve srovnání s tím, kdy si dobu prezentace jednotlivých snímků účastníci sami určují.

Na vhodnost a omezení metody pasivního prohlížení potravinových stimulů se tak bude muset zaměřit další úsilí, protože tato úloha lépe odpovídá situacím v reálném životě, kdy jsme nejčastěji

vystaveni pasivně zobrazeným potravinovým stimulům a nemáme před sebou úkol vyžadující rychlé rozhodování.

6.2 Food Stroop test

Tato modifikovaná verze Stroop testu byla v této práci použita jako zástupce jedné z tradičních metod pro zkoumání pozornostní selekce. Také reprezentuje situaci, kdy se v našem okolí objevují nejen obrázkové potravinové podněty ale také podněty slovní. V dostupné literatuře se nevyskytuje česká verze Food Stroop testu a proto musela být pro tuto diplomovou práci vytvořena. Výsledky Food Stroop testu ukazující statisticky signifikantní rozdíl v průměrných reakčních časech mezi skupinami hladových a sytých, a dle očekávání byly tyto časy delší u hladových účastníků.

To je v souladu s dosavadní literaturou testující vliv hladu s využitím Food Stroop testu (Channon & Hayward, 1990; Lavy & Van Den Hout, 1993). Nepodařilo se nám však prokázat rozdíly mezi jednotlivými typy podnětů, avšak v literatuře jsou tyto rozdíly reportovány (Nijs, Franken, et al., 2010b). V uvedené studii byly reakční doby při slovech souvisejících s vysokokalorickými potravinami obecně pomalejší než reakční doby na neutrální slova.

Tyto rozdílné výsledky mohly být způsobeny designem testu. V naší práci bylo slovo zobrazeno dokud účastník nestiknul libovolné (tedy i chybné) tlačítko. Oproti tomu v druhé studii účastník věděl, že pokud klávesu nestikne, slovo po 2 s zmizí. To mohlo účastníky vyburcovat k větší pozornosti.

Svou roli také mohla hrát skutečnost, že Food Stroop až druhý úkol po pasivním prohlížení podnětů, v jehož průběhu se již začala projevovat snížená pozornost u obou skupin (obr. 16).

6.3 Elektrodermální aktivita

Analýza elektrodermální aktivity neukázala signifikantní výsledky v žádném ze sledovaných parametrů. Ani typ podnětu ani stav hladu a sytosti neměli vliv na elektrodermální reakce. Tyto výsledky jsou v souladu s nedávno publikovanou obdobnou studií (Pedersen et al., 2021), která také nenalezla žádné rozdíly mezi kategoriemi vizuálních stimulů.

V literatuře jsou data ve vztahu k oblasti elektrodermální aktivity a potravinových stimulů nekonzistentní. V některých studiích byly signifikantní EDA změřena u podnětů negativního rázu (Danner et al., 2014; Kuoppa et al., 2016), avšak každá studie měla výrazně odlišný základní design. Jednalo se o ochutnávání potravin (Danner et al., 2014) a sledování vizuálních stimulů, které byly rozdělené do kategorií krásných a averzivních potravin (Kuoppa et al., 2016). Je tedy možné, že pro měření EDA nejsou příjemně vypadající vysoko i nízkokalorické potraviny dostatečně stimulující.

Můžeme však říct, že není mnoho studií, které by v rámci zkoumání reakcí na potravinové stimuly měřili i EDA. Pravděpodobným důvodem jsou možná technická omezení při měření elektrodermální aktivity. Většina experimentálních úkolů je založena na rychlém rozhodování (Stroop test, Visual Probe task). Samotný potravinový stimulus je zobrazen jen velmi krátkou

dobu (cca 500 – 2000 ms) a díky fyziologickým omezením je obtížné stanovit zda je kožní odpověď specifická pro daný podnět/stimulus.

Navíc, ani jedna z výše zmíněných studií nerozdělovala participanty podle sytosti a neposkytují tak odpověď na otázku, jak velkou roli může hrát stav hladu v tomto typu měření. Podle výsledků této diplomové práce se zdá, že samotný hlad vliv spíše nemá.

6.4 Slinné markery

6.4.1 Kortizol

Výsledky slinného kortizolu neukázaly rozdíly v hladinách kortizolu na začátku a na konci sezení ani u jedné ze skupin.

Vztah mezi stresem a stravováním se dlouhodobě studuje a zjistilo se, že kortizol vliv na stravování má (Epel et al., 2001). Byl určitý předpoklad, že u hladových vyvolá stresovou reakci prohlížení potravinových obrázků a ovlivní to jejich chuť k jídlu a celkový pocit hladu. Je možné, že ranní hodiny odběru (experiment probíhal mezi 8-10 h ráno) měly určitý vliv na bazální hladiny kortizolu u účastníků. U některých participatů mohl být kortizol podle cirkadiálního rytmu ještě ve vysokých hladinách po probuzení (Pruessner et al., 1997) a nemuseli být tak všichni ve stejné fázi. Určitou roli mohlo sehrát i menší množství vzorků, které mohlo být použito na analýzu.

Vliv slinného kortizolu v pozornostní selekci u vizuálních potravinových stimulů je zatím málo prozkoumán, proto je složitější přesněji určit, proč nebyly prokázány žádné signifikantní změny.

6.4.2 Alfa-amyláza

U analýzy alfa-amylázy byl nalezen signifikantní rozdíl mezi hladovými a sytými u druhého odběru slin. Při prvním odběru signifikantní rozdíl mezi skupinami nebyl. Rozdíl mohl být způsoben prezentací vizuální stimulů, ale vliv mohla mít i nervozita z neznámého experimentu při prvním odběru.

Shabat-Simon a spolupracovníci (2018) ukázali, že slinná alfa-amyláza je mnohem spolehlivější nástroj pro zachycení úrovně hladu než subjektivní dotazníky.

Proto jsme přistoupili k analýze korelace hladiny slinné alfa-amylázy a hodnot subjektivního hodnocení hladu z dotazníku (1. otázka: Jak hladový se cítíte?). Pro hodnoty zaznamenané před začátkem sezení, nebyla signifikantní korelace nalezena. Avšak u hodnot na konci sezení se podařilo korelaci prokázat. Protože nebyla nalezena signifikantní změna hladiny alfa-amylázy před a po sezení (obr. 22), jednalo se zřejmě o změnu subjektivního hodnocení hladu. A ta byla skutečně popsána (viz níže a obr. 10). Tato změna mohla být ovlivněna jak sociálními faktory, kdy účastníci mohli cítit nervozitu nebo mohli mít pocit, že se od nich očekává určitá odpověď (protože věděli, zda jsou součástí skupiny sytých či hladových). Je také možné, že když účastníci viděli potravinové obrázky, tak si pocit hladu více uvědomovali. Analýza slinné alfa-amylázy v této práci také ukázala, že měření její hladiny platí za spolehlivý marker stavu hladu.

6.5 Dotazníky

Výsledky dotazníkového subjektivního hodnocení stavu hladu a sytosti (obr. 10) přinesly překvapivá data. U první otázky „Jak hladový se cítíte?“ se podle předpokladu ukázal signifikantní rozdíl mezi skupinou hladových a skupinou sytých na začátku sezení s tím výsledkem, že skupina hladových se cítila hladověji.

Data dále ukázala, že signifikantní změna nastala u skupiny sytých, kteří se na konci sezení cítili hladovější než na začátku. U hladových nebyla signifikantní změnu mezi začátkem a koncem sezení pozorována.

U druhé otázky „Jak nasycený se cítíte?“ skupina hladových reportovala signifikantně vyšší hodnoty (tzn. cítili se nasycenější) než skupina sytých. Paradoxně se tedy hladoví cítili hladovější než sytí ale zároveň i sytejší než sytí. Ostatní otázky, kde se podařilo prokázat signifikantní rozdíly, pak zapadaly do obecného předpokladu že hladoví se cítili, že by mohli sníst ještě více, a že by si spíše dali k jídlu něco sladkého.

Překvapivé výsledky, týkající se hladových mohou být zapříčiněny např. nervozitou z experimentu. Je také možné, že hladoví účastníci měli subjektivní pocit, že se od nich očekává, že se budou cítit hladově. S tím může být spojená i možnost, že hlad pouze předstírali, protože 12h půst nedodrželi a první otázku vyplnili tak, aby působili, že instrukce dodrželi. Takové možnosti se samozřejmě nedá při dotazníkovém šetření vyhnout. Vytvořit kontrolované laboratorní podmínky, kde by bylo možné aspekty jako příjem potravy a půst monitorovat, je velmi náročné a vyžadovalo by zdroje výrazně přesahující možnosti diplomového projektu. Dotazník hodnotící stavy hladu a sytosti se, v souladu s literaturou (Shabat-Simon et al., 2018), ukázal jako nespolehlivá metoda zjišťování stavu hladu a sytosti.

Limitem této práce bylo, že při výzkum nedošlo k opakovanému měření stejných účastníků v opačném stavu nasycení (Castellanos 2009).

7 Závěr

V této studii byli zkoumány psychofyziologické koreláty vyvolané vizuálními potravinovými stimuly během stavu hladu a stavu sytosti. Cílem práce bylo stanovit rozdíly ve vizuální pozornosti, v elektrodermální aktivitě a slinných biomarkerech u účastníků s rozdílným stavem nasycení.

Výsledky této studie můžeme shrnout takto:

Nebyly zjištěny signifikantní rozdíly u elektrodermální aktivity ani vizuální pozornosti podle typu prezentovaných podnětů.

Zjistili se však určité rozdíly mezi skupinami hladových a nasycených. Například vizuální pozornost se postupně během experimentálního sezení snižovala, jak u hladové tak u syté skupiny, u hladových účastníků byl tento pokles výraznější s postupujícím časem. I ve Food Stroop testu měli hladoví účastníci delší reakční časy.

Rozdíl mezi hladinami slinné alfa-amylázy mezi hladovými a sytými nebyl signifikantní před sezením avšak po sezení již tento rozdíl signifikantní byl. To naznačuje, že prezentace mohla mít rozdílný vliv na hladinu alfa-amylázy u těchto skupin.

Slinná alfa-amyláza se ukázala jako slibný marker pro určení stavu hladu a poskytuje spolehlivější informaci než dotazníky subjektivně hodnotící stav nasycení.

Můžeme tedy říct, že:

- 1) Podařilo se popsat rozdíly pozornosti u hladových a sytých
- 2) Nepodařilo se nalézt rozdíly v elektrodermální aktivitě na potravinové podněty u hladových a sytých
- 3) Podařilo se nalézt rozdíly v hladinách slinné alfa amylázy rozdíly mezi hladovými a sytými

Tyto závěry jsou v souladu se současným stavem poznání, kdy byl publikován pouze malý počet studií využívajících obdobné metody a design, aniž by se prozatím podařilo nalézt konsensuální odpověď na otázky týkající se působení vizuálních potravinových podnětů. V budoucnu bude nezbytné standardizovat jednotlivé metody a jako stěžejní se jeví stanovení všeobecně přijímaných kritérií definujících stavu hladu.

- Campos, A., Port, J. D., & Acosta, A. (2022). *Integrative Hedonic and Homeostatic Food Intake Regulation by the Central Nervous System: Insights from Neuroimaging*. <https://doi.org/10.3390/brainsci12040431>
- Cano-López, I., Cano-López, B., Hidalgo, V., Salvador, A., & González-Bono, E. (2019). Stress Response and Appetite Regulation in Overweight and Normal-Weight Young Men: Preliminary Data. *Psychological Studies*, *64*(1), 21–29. <https://doi.org/10.1007/s12646-019-00479-1>
- Castellanos, E. H., Charboneau, E., Dietrich, M. S., Park, S., Bradley, B. P., Mogg, K., & Cowan, R. L. (2009). Obese adults have visual attention bias for food cue images: Evidence for altered reward system function. *International Journal of Obesity*, *33*(9), 1063–1073. <https://doi.org/10.1038/ijo.2009.138>
- Channon, S., & Hayward, A. (1990). The effect of short-term fasting on processing of food cues in normal subjects. *International Journal of Eating Disorders*, *9*(4), 447–452. [https://doi.org/10.1002/1098-108X\(199007\)9:4<447::AID-EAT2260090411>3.0.CO;2-0](https://doi.org/10.1002/1098-108X(199007)9:4<447::AID-EAT2260090411>3.0.CO;2-0)
- Čihák R., 2016, Anatomie 3, 3. vydání, Grada, Praha
- Damasio, A., & Carvalho, G. B. (2013). The nature of feelings: evolutionary and neurobiological origins. *Nature Reviews Neuroscience* *2013 14:2*, *14*(2), 143–152. <https://doi.org/10.1038/nrn3403>
- Danner, L., Haindl, S., Joechl, M., & Duerrschmid, K. (2014). Facial expressions and autonomous nervous system responses elicited by tasting different juices. *Food Research International*, *64*, 81–90. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.06.003>
- Dawson, M. (n.d.). *THE ELECTRODERMAL SYSTEM.pdf*.
- De Wijk, R. A., He, W., Mensink, M. G. J., Verhoeven, R. H. G., & De Graaf, C. (2014). ANS Responses and Facial Expressions Differentiate between the Taste of Commercial Breakfast Drinks. *PLOS ONE*, *9*(4), e93823. <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0093823>
- Diress, G. (2020). Epidemiology, Predisposing Factors, Biomarkers, and Prevention Mechanism of Obesity: A Systematic Review. *Review Article Epidemiology, Predisposing Factors*. <https://doi.org/10.1155/2020/6134362>
- Donato, K. A. (1998). Executive summary of the clinical guidelines on the identification, evaluation, and treatment of overweight and obesity in adults. *Archives of Internal Medicine*, *158*(17), 1855–1867. <https://doi.org/10.1001/archinte.158.17.1855>
- Doolan, K. J., Breslin, G., Hanna, D., Murphy, K., & Gallagher, A. M. (2014a). Visual attention to food cues in obesity: An eye-tracking study. *Obesity*, *22*(12), 2501–2507. <https://doi.org/10.1002/oby.20884>
- Edwards, S., Clow, A., Evans, P., & Hucklebridge, F. (2001). Exploration of the awakening cortisol response in relation to diurnal cortisol secretory activity. *Life Sciences*, *68*(18), 2093–2103. [https://doi.org/10.1016/S0024-3205\(01\)00996-1](https://doi.org/10.1016/S0024-3205(01)00996-1)
- Egecioglu, E., Skibicka, K. P., Hansson, C., Alvarez-Crespo, M., Anders Friberg, P., Jerlhag, E., Engel, J. A., & Dickson, S. L. (2011). Hedonic and incentive signals for body weight control. *Reviews in Endocrine and Metabolic Disorders*, *12*(3), 141–151. <https://doi.org/10.1007/s11154-011-9166-4>
- El-Farhan, N., Rees, D. A., & Evans, C. (2017). Measuring cortisol in serum, urine and saliva – are our assays good enough? In *Annals of Clinical Biochemistry* (Vol. 54, Issue 3). <https://doi.org/10.1177/0004563216687335>

- Epel, E., Lapidus, R., McEwen, B., & Brownell, K. (2001). Stress may add bite to appetite in women: A laboratory study of stress-induced cortisol and eating behavior. *Psychoneuroendocrinology*, *26*(1), 37–49. [https://doi.org/10.1016/S0306-4530\(00\)00035-4](https://doi.org/10.1016/S0306-4530(00)00035-4)
- Favieri, F., Forte, G., Marotta, A., & Casagrande, M. (2020). Food-Related Attentional Bias in Individuals with Normal Weight and Overweight: A Study with a Flicker Task. *Nutrients* 2020, Vol. 12, Page 492, *12*(2), 492. <https://doi.org/10.3390/NU12020492>
- Field, M., Werthmann, J., Franken, I., & Hofmann, W. (2016). The role of attentional bias in obesity and addiction *Health Psychology*, in press, *28*. *Health Psychology*, *35*(8), 767–780.
- Figner, B., & Murphy, R. O. (2011). *Using skin conductance in judgment and decision making research*. July 2015.
- Franja, S., McCrae, A. E., Jahnel, T., Gearhardt, A. N., & Ferguson, S. G. (2021). Measuring Food-Related Attentional Bias. *Frontiers in Psychology*, *12*(October), 1–8. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.629115>
- Fries, E., Dettenborn, L., & Kirschbaum, C. (2009). The cortisol awakening response (CAR): Facts and future directions. *International Journal of Psychophysiology*, *72*(1), 67–73. <https://doi.org/10.1016/J.IJPSYCHO.2008.03.014>
- Ganong W., 2005, Autonomní nervový systém, str. 229-233, Přehled lékařské fyziologie, Galén, Praha
- Geršak, G. (2020). *Electrodermal activity - a beginner ' s guide*. *87*(4), 175–182.
- Gibbons, C., & Blundell, J. (2015). Appetite regulation and physical activity – an energy balance perspective. *Hamdan Medical Journal*, *8*(1), 33–52. <https://doi.org/10.7707/hmj.431>
- Grafton, B., & MacLeod, C. (2014). Enhanced probing of attentional bias: The independence of anxiety-linked selectivity in attentional engagement with and disengagement from negative information. <https://doi.org/10.1080/02699931.2014.881326>, *28*(7), 1287–1302. <https://doi.org/10.1080/02699931.2014.881326>
- Graham, R., Hoover, A., Ceballos, N. A., & Komogortsev, O. (2011). Body mass index moderates gaze orienting biases and pupil diameter to high and low calorie food images. *Appetite*, *56*(3), 577–586. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2011.01.029>
- Granger, D. A., Kivlighan, K. T., El-Sheikh, M., Gordis, E. B., & Stroud, L. R. (2007). Salivary α -amylase in biobehavioral research: Recent developments and applications. *Annals of the New York Academy of Sciences*, *1098*, 122–144. <https://doi.org/10.1196/annals.1384.008>
- Greeno, C. G., & Wing, R. R. (1994). Stress-Induced Eating. *Psychological Bulletin*, *115*(3), 444–464. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.115.3.444>
- Hainer, V., Zamrazilová, H., Spálová, J., Hainerová, I., Kunešová, M., Aldhoon, B., & Bendlová, B. (2008). Role of hereditary factors in weight loss and its maintenance. *Physiological Research*, *57*(SUPPL. 1). <https://doi.org/10.33549/physiolres.931485>
- Hall, K. D. (2018). Did the Food Environment Cause the Obesity Epidemic? In *Obesity* (Vol. 26, Issue 1, pp. 11–13). <https://doi.org/10.1002/oby.22073>
- Hellhammer, D. H., Wüst, S., & Kudielka, B. M. (2009). Salivary cortisol as a biomarker in stress research. *Psychoneuroendocrinology*, *34*(2), 163–171.

- <https://doi.org/10.1016/J.PSYNEUEN.2008.10.026>
- Holmqvist, K., Nyström, M., Andersson, R., Dewhurst, R., Jarodzka, H., Van De Weijer, J. (2011). *Eye tracking: A comprehensive guide to methods and measures*. Oxford: Oxford University Press
- Hoyt, M. A., & Granger, D. A. (2020). Salivary Bioscience and the Future of Behavioral Medicine. *International Journal of Behavioral Medicine*, 27(3), 257–261. <https://doi.org/10.1007/s12529-020-09900-w>
- Jonker, N. C., Bennik, E. C., Lang, T. A. De, & Jong, P. J. De. (2020). Influence of hunger on attentional engagement with and disengagement from pictorial food cues in women with a healthy weight. *Appetite*, 151(February), 104686. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2020.104686>
- Kadouh, H. C., & Acosta, A. (2017). Current paradigms in the etiology of obesity. *Techniques in Gastrointestinal Endoscopy*, 19(1), 2–11. <https://doi.org/10.1016/j.tgie.2016.12.001>
- Kuoppa, P., Tarvainen, M. P., Karhunen, L., & Narvainen, J. (2016). Heart rate reactivity associated to positive and negative food and non-food visual stimuli. *Proceedings of the Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, EMBS, 2016-October*, 5279–5282. <https://doi.org/10.1109/EMBC.2016.7591918>
- Lavy, E. H., & Van Den Hout, M. A. (1993). Attentional Bias for Appetitive Cues: Effects of Fasting in Normal Subjects. *Behavioural and Cognitive Psychotherapy*, 21(4), 297–310. <https://doi.org/10.1017/S1352465800011632>
- Linné, Y., Barkeling, B., Rössner, S., & Rooth, P. (2002). Vision and Eating Behavior. *Obesity Research*, 10(2), 92–95. <https://doi.org/10.1038/OBY.2002.15>
- Loeber, S., Grosshans, M., Korucuoglu, O., Vollmert, C., Vollstädt-Klein, S., Schneider, S., Wiers, R. W., Mann, K., & Kiefer, F. (2011). Impairment of inhibitory control in response to food-associated cues and attentional bias of obese participants and normal-weight controls. *International Journal of Obesity* 2012 36:10, 36(10), 1334–1339. <https://doi.org/10.1038/ijo.2011.184>
- Loeber, Sabine, Grosshans, M., Herpertz, S., Kiefer, F., & Herpertz, S. C. (2013). Hunger modulates behavioral disinhibition and attention allocation to food-associated cues in normal-weight controls. *Appetite*, 71, 32–39. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2013.07.008>
- Lowe, M. R., & Butryn, M. L. (2007). Hedonic hunger: A new dimension of appetite? *Physiology and Behavior*, 91(4), 432–439. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2007.04.006>
- MacLeod, C., Mathews, A., & Tata, P. (1986). Attentional Bias in Emotional Disorders. *Journal of Abnormal Psychology*, 95(1), 15–20. <https://doi.org/10.1037/0021-843X.95.1.15>
- Martin-Soelch, C., Linthicum, J., & Ernst, M. (2007). Appetitive conditioning: Neural bases and implications for psychopathology. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 31(3), 426–440. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2006.11.002>
- Mathews, A., & MacLeod, C. (2002). Induced processing biases have causal effects on anxiety. *Cognition and Emotion*, 16(3), 331–354. <https://doi.org/10.1080/02699930143000518>
- Mattes, R. D. (1997). Physiologic Responses to Sensory Stimulation by Food: Nutritional Implications. *Journal of the American Dietetic Association*, 97(4), 406–

413. [https://doi.org/10.1016/S0002-8223\(97\)00101-6](https://doi.org/10.1016/S0002-8223(97)00101-6)
- Mobascher, A., Brinkmeyer, J., Warbrick, T., Musso, F., Wittsack, H. J., Stoermer, R., Saleh, A., Schnitzler, A., & Winterer, G. (2009). Fluctuations in electrodermal activity reveal variations in single trial brain responses to painful laser stimuli — A fMRI/EEG study. *NeuroImage*, *44*(3), 1081–1092. <https://doi.org/10.1016/J.NEUROIMAGE.2008.09.004>
- Moreno-Padilla, M., Maldonado-Montero, E. F., Enguix-Armada, A., & Reyes Del Paso, G. A. (2020). Salivary Alpha-Amylase Mediates the Increase in Hunger Levels in Adolescents with Excess Weight after Viewing Food Images. *Childhood Obesity*, *16*(1), 53–58. <https://doi.org/10.1089/chi.2019.0133>
- Motoki, K., Saito, T., & Onuma, T. (2021). Eye-tracking research on sensory and consumer science: A review, pitfalls and future directions. *Food Research International*, *145*(April), 110389. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110389>
- Nater, U. M., & Rohleder, N. (2009). Salivary alpha-amylase as a non-invasive biomarker for the sympathetic nervous system: Current state of research. *Psychoneuroendocrinology*, *34*(4), 486–496. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2009.01.014>
- Nater, Urs M., Rohleder, N., Schlotz, W., Ehlert, U., & Kirschbaum, C. (2007). Determinants of the diurnal course of salivary alpha-amylase. *Psychoneuroendocrinology*, *32*(4), 392–401. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2007.02.007>
- Nevalainen, S., & Sajaniemi, J. (2004). Comparison of Three Eye Tracking Devices in Psychology of Programming Research. *Proceedings of 16th Annual Workshop of the Psychology of Programming Interest Group (PPIG'04), April*, 151–158. <http://www.ppig.org/papers/16th-nevalainen.pdf>
- Nijs, I. M. T., Franken, I. H. A., & Muris, P. (2010a). Food-related Stroop interference in obese and normal-weight individuals: Behavioral and electrophysiological indices. *Eating Behaviors*, *11*(4), 258–265. <https://doi.org/10.1016/j.eatbeh.2010.07.002>
- Nijs, I. M. T., Franken, I. H. A., & Muris, P. (2010b). Food-related Stroop interference in obese and normal-weight individuals: Behavioral and electrophysiological indices. *Eating Behaviors*, *11*(4), 258–265. <https://doi.org/10.1016/J.EATBEH.2010.07.002>
- Nijs, I. M. T., Muris, P., Euser, A. S., & Franken, I. H. A. (2010). Differences in attention to food and food intake between overweight/obese and normal-weight females under conditions of hunger and satiety. *Appetite*, *54*(2), 243–254. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2009.11.004>
- Nummenmaa, L., Hietanen, J. K., Calvo, M. G., & Hyönä, J. (2011). Food catches the eye but not for everyone: A BMI-contingent attentional bias in rapid detection of nutrients. *PLoS ONE*, *6*(5). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0019215>
- Pallavicini, F., Serino, S., Cipresso, P., Pedrolì, E., Chicchi Giglioli, I. A., Chirico, A., Manzoni, G. M., Castelnovo, G., Molinari, E., & Riva, G. (2016). Testing augmented reality for cue exposure in obese patients: An exploratory study. *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*, *19*(2), 107–114. <https://doi.org/10.1089/cyber.2015.0235>
- Parsons, T. J., Manor, O., & Power, C. (2007). Television viewing and obesity: a prospective study in the 1958 British birth cohort. *European Journal of Clinical Nutrition* *2008* *62*:12, *62*(12), 1355–1363. <https://doi.org/10.1038/sj.ejcn.1602884>

- Peciña, S., & Berridge, K. C. (2005). Hedonic Hot Spot in Nucleus Accumbens Shell: Where Do μ -Opioids Cause Increased Hedonic Impact of Sweetness? *Journal of Neuroscience*, 25(50), 11777–11786. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.2329-05.2005>
- Pedersen, H., Quist, J. S., Jensen, M. M., Clemmensen, K. K. B., Vistisen, D., Jørgensen, M. E., Færch, K., & Finlayson, G. (2021). Investigation of eye tracking, electrodermal activity and facial expressions as biometric signatures of food reward and intake in normal weight adults. *Food Quality and Preference*, 93(March). <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2021.104248>
- Phelan, S., Hassenstab, J., McCaffery, J. M., Sweet, L., Raynor, H. A., Cohen, R. A., & Wing, R. R. (2011). Cognitive interference from food cues in weight loss maintainers, normal weight, and obese individuals. *Obesity*, 19(1), 69–73. <https://doi.org/10.1038/oby.2010.138>
- Procházka, R., & Sedláčková, Z. (2015). Vybrané kapitoly z psychofyziologie. Univerzita Palackého v Olomouci.
- Pruessner, J. C., Wolf, O. T., Hellhammer, D. H., Buske-Kirschbaum, A., Von Auer, K., Jobst, S., Kaspers, F., & Kirschbaum, C. (1997). Free Cortisol Levels after Awakening: A Reliable Biological Marker for the Assessment of Adrenocortical Activity. *Life Sciences*, 61(26), 2539–2549. [https://doi.org/10.1016/S0024-3205\(97\)01008-4](https://doi.org/10.1016/S0024-3205(97)01008-4)
- Robinson, T. E., & Berridge, K. C. (1993). The neural basis of drug craving: An incentive-sensitization theory of addiction. *Brain Research Reviews*, 18(3), 247–291. [https://doi.org/10.1016/0165-0173\(93\)90013-P](https://doi.org/10.1016/0165-0173(93)90013-P)
- Rokytká R., Pekárková I, 2016, Autonomní nervový systém, str, 351-354, Fyziologie, Galén, Praha
- Salimetrics, L.L.C., SalivaBio, L. L. C. (2015). Saliva Collection and Handling Advice. *Methods*, 44(0), 1–15. www.salimetrics.com
- Saper, C. B., Chou, T. C., & Elmquist, J. K. (2002). The need to feed: Homeostatic and hedonic control of eating. *Neuron*, 36(2), 199–211. [https://doi.org/10.1016/S0896-6273\(02\)00969-8](https://doi.org/10.1016/S0896-6273(02)00969-8)
- Schachter, S. (1971). Some extraordinary facts about obese humans and rats. *The American Psychologist*, 26(2), 129–144. <https://doi.org/10.1037/h0030817>
- Sesack, S. R., & Grace, A. A. (2010). Cortico-basal ganglia reward network: Microcircuitry. *Neuropsychopharmacology*, 35(1), 27–47. <https://doi.org/10.1038/npp.2009.93>
- Shabat-Simon, M., Shuster, A., Sela, T., & Levy, D. J. (2018). Objective physiological measurements but not subjective reports moderate the effect of hunger on choice behavior. *Frontiers in Psychology*, 9(MAY). <https://doi.org/10.3389/FPSYG.2018.00750>
- Silbernagel S., Despopoulos A., 2016, Vegetativní (autonomní) nervový systém str. 82-91, Atlas Fyziologie člověka, Grada Publishing, Praha
- Smyth, N., Hucklebridge, F., Thorn, L., Evans, P., & Clow, A. (2013). Salivary cortisol as a biomarker in social science research. *Social and Personality Psychology Compass*, 7(9), 605–625. <https://doi.org/10.1111/SPC3.12057>
- Stamataki, N. S., Elliott, R., McKie, S., & McLaughlin, J. T. (2019). Attentional bias to food varies as a function of metabolic state independent of weight status. *Appetite*, 143(April), 104388. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2019.104388>

- Strahler, J., Skoluda, N., Kappert, M. B., & Nater, U. M. (2017). Simultaneous measurement of salivary cortisol and alpha-amylase: Application and recommendations. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, *83*(January), 657–677. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2017.08.015>
- Stroop, J. R. (1935). Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of Experimental Psychology*, *18*(6), 643–662. <https://doi.org/10.1037/h0054651>
- Tammayan, M., Jantaratnotai, N., & Pachimsawat, P. (2021). Differential responses of salivary cortisol, amylase, and chromogranin A to academic stress. *PLoS ONE*, *16*(8). <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0256172>
- Trojan S. et al., 1999, Autonomní funkce, str. 512 - 519, Lékařská fyziologie, Grada Publishing, Praha
- Thaker, V. V. (2017). GENETIC AND EPIGENETIC CAUSES OF OBESITY.
- Verastegui-Tena, L., Schulte-Holierhoek, A., van Trijp, H., & Piqueras-Fiszman, B. (2017). Beyond expectations: The responses of the autonomic nervous system to visual food cues. *Physiology and Behavior*, *179*, 478–486. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2017.07.025>
- Wolf, A., Ounjai, K., Takahashi, M., Kobayashi, S., Matsuda, T., & Lauwereyns, J. (2018). Evaluative processing of food images: A conditional role for viewing in preference formation. *Frontiers in Psychology*, *9*(JUN), 936. <https://doi.org/10.3389/FPSYG.2018.00936/BIBTEX>
- World Health Organisation, W. (2021). *Obesity and overweight*. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>
- Yeomans, M. R., Lee, M. D., Gray, R. W., & French, S. J. (2001). Effects of test-meal palatability on compensatory eating following disguised fat and carbohydrate preloads. *International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders : Journal of the International Association for the Study of Obesity*, *25*(8), 1215–1224. <https://doi.org/10.1038/SJ.IJO.0801653>
- You, Z. B., Chen, Y. Q., & Wise, R. A. (2001). Dopamine and glutamate release in the nucleus accumbens and ventral tegmental area of rat following lateral hypothalamic self-stimulation. *Neuroscience*, *107*(4), 629–639. [https://doi.org/10.1016/S0306-4522\(01\)00379-7](https://doi.org/10.1016/S0306-4522(01)00379-7)
- Young, L. R., & Nestle, M. (2002). The Contribution of Expanding Portion Sizes to the US Obesity Epidemic. <https://doi.org/10.2105/AJPH.92.2.246>, *92*(2), 246–249. <https://doi.org/10.2105/AJPH.92.2.246>
- Yu, Y. H., Vasselli, J. R., Zhang, Y., Mechanick, J. I., Korner, J., & Peterli, R. (2015). Metabolic vs. hedonic obesity: a conceptual distinction and its clinical implications. *Obesity Reviews*, *16*(3), 234–247. <https://doi.org/10.1111/OBR.12246>
- Zhang, M., & Kelley, A. E. (2000). Enhanced intake of high-fat food following striatal mu-opioid stimulation: microinjection mapping and fos expression. *Neuroscience*, *99*(2), 267–277. [https://doi.org/10.1016/S0306-4522\(00\)00198-6](https://doi.org/10.1016/S0306-4522(00)00198-6)

Seznam příloh

Příloha 1:

Informovaný souhlas o účasti v experimentu

Příloha 2:

Dotazník

Příloha 3

Vysokokalorické stimuly

Nízkokalorické stimuly

Nepotravinové stimuly

Slova použitá ve Food stroop testu