

Univerzita Karlova

Přírodovědecká fakulta

Studijní program: Biologie

Studijní obor: Ekologická a evoluční biologie



Ondřej Fišer

Rozpoznávání obličejů jako specifický kognitivní proces

Face recognition as a distinctive cognitive process

Bakalářská práce

Vedoucí práce: doc. RNDr. Roman Fuchs, CSc.

Praha, 2019

Poděkování

Děkuji především svému školiteli doc. RNDr. Romanu Fuchsovi, CSc. za odborné rady, velkou trpělivost a připomínky poskytované během psaní této bakalářské práce. Děkuji své rodině za poskytovanou podporu a zázemí.

Prohlášení

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

V Praze, 14. srpna 2019

Podpis:

Abstrakt

Rozpoznávání obličejů bylo a je velkým vědeckým tématem. Jaký konkrétní kognitivní proces za rozpoznávání odpovídá bylo velkou neznámou. Nyní se vědci nejvíce přiklání k holistické teorii, podle které obličej vnímáme jako celek. K úspěšnému rozpoznání obličeje je potřeba si všimnout jednotlivých komponentů i jejich konfigurace. Člověk je díky tomuto přístupu expert na obličeje a dokáže z nich v krátkém čase získat mnoho typů informací. Teorii holistického vnímání obličejů podpořily behaviorální a neurologické doklady. Hlavní behaviorální úlohy, které potvrzují holistické vnímání obličejů, jsou tři: „part-whole“ úloha, inverzní úloha a kompozitní úloha. První dvě ukázaly, že rozpoznávání obličejů negativně ovlivňují jak manipulace s komponenty tak i s jejich konfigurací. Kompozitní úloha pak ukazuje, že nejsme schopni vnímat dílčí části obličeje samostatně. Holistické vnímání u zvířat nebylo jednoznačně potvrzeno, ale pro zvířata je obličej podobně důležitý jako pro člověka. V současné době se navíc poukazuje na možnost užití holistického vnímání na jiné objekty než obličeje. Holistické vnímání se dnes jeví jako robustní typ vnímání použitelný pro různé stimuly splňující dané podmínky. Jeho vznik v evoluci mohou indukovat různé sociální a ekologické faktory.

Klíčová slova: rozpoznávání obličejů, holistické vnímání, „part-whole“ úloha, inverzní úloha, kompozitní úloha

Abstract

Facial recognition has been a major scientific topic. What particular cognitive process is responsible for recognition was a great unknown. Now, scientists are most inclined to the theory of holistic facial perception that we perceive the face as a whole. For successful face recognition it is necessary to pay attention to individual components and their configuration. Thanks to this approach, a person is an expert on faces and can obtain many types of information from them in a short time. Behavioral and neurological evidence supported the theory of holistic facial perception. The main behavioral tasks that support holistic facial perception are three: part-whole task, face inversion task, and composite task. The first two showed that face recognition negatively affects both the manipulation of individual components and their configuration. The composite task then shows that we are not able to perceive individual parts of the face independently. Holistic perception in animals has not been unequivocally confirmed, but for animals the face is as important as for humans. Moreover, the possibility of applying holistic perception to objects other than faces is currently being pointed out. Holistic perception today appears to be a robust type of perception applicable to various stimuli that meet the conditions. Its evolution may be induced by various social and environmental factors.

Key words: face recognition, holistic processing, part-whole task, face inversion task, composite task

Obsah

1. Úvod a cíle práce	1
2. Holistické vnímání.....	3
3. Behaviorální studie.....	7
3.1 „Part-whole“ úloha.....	7
3.2 Inverzní úloha.....	11
3.3 Kompozitní úloha.....	16
4. Holistické vnímání u zvířat	18
5. Závěr.....	21
6. Seznam použité literatury	22

1. Úvod a cíle práce

Každý organismus musí umět rozpoznávat objekty ve svém okolí, ať už se jedná například o potravu, predátory nebo sexuální partnery. Rozpoznávání objektů je základním předpokladem pro úspěšné přežití i reprodukci. Rozpoznání objektu zahrnuje dva současně probíhající procesy: diskriminaci, tedy jeho rozlišení od objektů nepodobných, s jinou funkcí etc. a kategorizaci, tedy přiřazení k objektům podobným, s obdobnou funkcí etc. (Shettleworth 2010). Pro úspěšné rozpoznání objektu je tedy nutná jeho podrobná analýza, je nutno objekt nějak vnímat. Původně byly rozeznávány dva typy vnímání objektů – komponentové a konfigurační. Každý sledovaný objekt se dá jednoduše rozložit na komponenty. Například dům lze rozložit na dveře, okna a střechu. Komponentové vnímání se soustřeďuje na přítomnost jednotlivých komponentů, konfigurační na jejich vzájemné prostorové uspořádání (Tanaka a Farah 1993; Tanaka a Sengco 1997). Konfigurační vnímání může být definováno ve dvou úrovních: 1) základní, ve které se soustřeďuje na konfiguraci komponentů, v rámci objektů téže kategorie je obvykle uniformní (např. dveře jsou u domu dole, okna uprostřed, střecha nahoře); 2) konkrétní, ve které se soustřeďuje na vzájemnou vzdálenost komponentů (např. dveří, oken, střechy), v rámci objektů dané kategorie je obvykle variabilní (Maurer et al. 2002).

Specifickým typem rozpoznávání je rozpoznávání obličejů. Obličej nese důležité informace, které jsou často uplatňovány v sociální interakci mezi živočichy. Proto je rozpoznávání obličejů nejčastější mezi sociálními živočichy. Absolutními experty na rozpoznávání obličejů jsou ovšem lidé. Bruce a Young (1986) tvrdí, že člověk je schopen vnímat z obličeje sedm typů informací – obrazovou, strukturální, vizuálně sémantickou (věk, pohlaví), individuálně sémantickou (čí je to přítel, čím je známý), jméno, emoce a řeč obličeje. Poslední dvě informace se přímo neúčastní prvotního rozpoznání obličeje, ale jeho pozdějšího vnímání (Bruce a Young 1986). Také další informace, jako je třeba atraktivnost, sexualita, nálada nebo rasová příslušnost se dají vyčíst z obličeje a jsou součástí naší sociální percepce (Zebrowitz 2011).

V současné době se vnímání obličejů přiřazuje na pravou stranu jakéhosi kontinuálního analyticko-holistického spektra: komponentové - konfigurační - holistické vnímání (Farah 1992). Obličej vnímáme mnohem více holisticky než jen analyticky, tedy ne jen samostatně komponentově či konfiguračně. Dochází k integraci těchto přístupů v jeden (Tanaka a Gordon 2011). Na levou část zmíněného spektra bychom zařadili například slova, která vnímáme striktně komponentově. Samotné písmeno netvoří slovo, ale člověk musí jednotlivá písmena (komponenty) velmi dobře rozpoznat, aby mohl slovo přečíst. Objekty jako jsou například domy, obrazy, židle jsou ve spektru někde uprostřed mezi slovem a obličejem, neboť k jejich rozpoznání využíváme v různé míře komponenty i jejich konfiguraci (Tanaka a Simonyi 2016).

Tato práce si klade za cíl:

1. Shromáždit z dostupných literárních pramenů poznatky o holistickém vnímání, které se přinejmenším z velké části uplatňují při rozpoznávání obličejů.
2. Analyzovat behaviorální experimenty dokládající specifickou rozpoznávání obličejů (a tedy i účast holistického vnímání).
3. Shromáždit stávající poznatky o uplatnění holistického vnímání v jiných rozpoznávacích procesech než je rozpoznávání lidských obličejů.

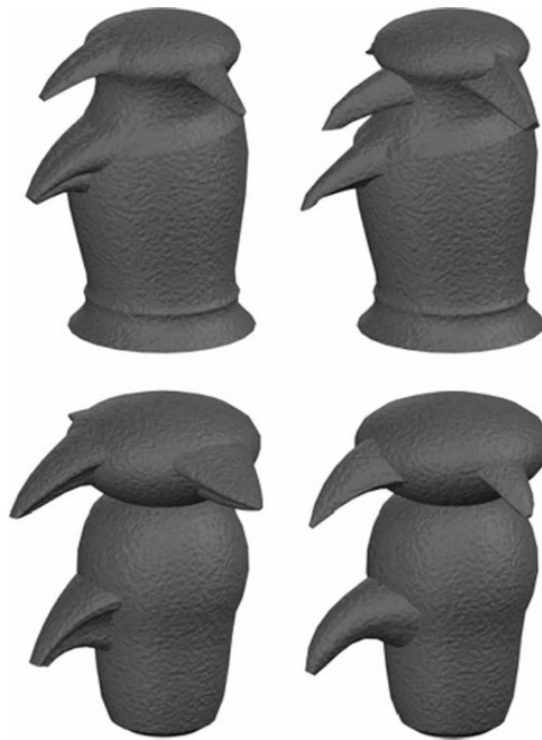
2. Holistické vnímání

První myšlenka o holistickém vnímání obličejů byla vyřčena Sirem Francisem Galtonem. Obličej dle něj vnímáme jako celek spíše než jen jako zmeř jednotlivých nezávislých komponentů (Galton 1878). Definice holistického vnímání se v čase různě měnila. Nejdříve bylo holistické vnímání považováno za vlastnost konfiguračního vnímání v tom smyslu, že nezáleží na přítomnosti dílčích komponentů, ale na jejich uspořádání (Maurer et al. 2002). V tzv. konfigurační teorii se jevila konfigurace jako hlavní vlastnost obličeje využívaná pro jeho rozpoznání, zatímco komponenty nehrály důležitou roli (Maurer et al. 2002). Díky dalším behaviorálním, neurologickým dokladům se však ukázalo, že pro obličej jsou podstatné komponenty i jejich konfigurace. Nelze tedy obličej přesně rozpoznat jen na základě polohy komponentů, pokud jsou komponenty zcela rozdílné od správného obličeje (McKone a Yovel 2009). Člověk nedokáže, na rozdíl od většiny jiných objektů, s dobrou přesností rozpoznat obličej, pokud je v jednom či obou parametrech pozmeněný. Citlivost na tyto změny slouží jako jasný doklad holistického přístupu a specifičnosti obličejů. Holistické vnímání tedy bylo vymezeno jako samostatný typ vnímání pro rozpoznání obličeje (McKone a Robbins 2011; McKone a Yovel 2009; Tanaka a Gordon 2011).

Vědci se veskrze shodují na tom, že holistické vnímání, tzv. „holistická teorie“ (Farah a Tanaka 1998; Rossion 2008), je souběžná integrace jednotlivých komponentů v rámci jednotného percepčního komplexu. Jednotlivé části obličeje vnímáme mnohem lépe, když jsou přítomny společně v jednom celku než samostatně v izolaci (Tanaka a Farah 1993). McKone a Yovel (2009) uvažují o holistickém konceptu nejen jako vztahu typických třech komponentů (oči, ústa, nos), ale jako vnímání vztahu mnohem lokálnějších znaků vznikajících z tzv. orientačních bodů (landmark points).

Evoluční význam holistického vnímání shrnují ve své studii Burke a Sulikowski (2013). Přiklání se spíše k tomu, že holistické vnímání vzešlo z pohlavního než přírodního výběru a vedle rozpoznání individuální identity je klíčové pro naše sociální kompetence. Může být zodpovědné za rozpoznávání pohlaví, věku, atraktivnosti, emocí nebo podobnosti (příbuzenský výběr). Bohužel vědci často nestudují ultimátní příčiny (proč?) holistického vnímání, ale spíše proximátní (jak?), takže tyto úvahy nejsou dostatečně prozkoumané. Tento typ vnímání obličejů je každopádně úzce spjat s velkou mírou sociální interakce člověka a jeho okolí (Burke a Sulikowski 2013).

Studium holistického vnímání je těsně spjato s rozpoznáváním obličejů. Tradičně se předpokládalo, že objekty jako domy či fotografie krajiny jsou mnohem více komponentově analyzovány než obličej (Diamond a Carey 1986). Ukázalo se ale, že i při vnímání jiných objektů, jako například buněčných organel (Tanaka a Gauthier 1997) nebo aut (Rezlescu et al. 2017a), ale i lidských postav (Seitz 2002) se možná více uplatňuje holistické vnímání než analytické. Vidět je v rámci celku značně usnadní jejich rozpoznání. Speciální případ jsou tzv. Greebles, počítačově vytvořené figurky, které jsou uniformní podobně jako obličej s výraznými typickými komponenty i ustálenou konfigurací (**obr. 1**). Jejich rozpoznávání po delším času tréninku bylo mnohem úspěšnější, když byly předloženy jako celek



Obr. 1: příklady modelů figurek Greebles
(převzato a upraveno z Ashworth et al. 2008)

než jen jejich jednotlivé části (Gauthier a Tarr 1997). Rezlescu et al. (2017a) zašli s teorií o uplatnění holistického vnímání na jiné objekty, než pouze obličeje, ještě dál. Autoři tvrdí, že na objekt můžeme aplikovat holistický přístup, pokud splňuje následující tři podmínky: 1) objekt je nutno individuálně rozlišit; 2) objekt je velmi komplexní, ale také velmi uniformní, jeho části tedy mohou být v rámci jasně stanovených limitů různé, avšak k jeho rozpoznání nestačí pouhá identifikace těchto individuálně různých částí; 3) objekt má často kanonickou orientaci. Obličeje nás nutí individualizovat okamžitě, jejich orientace je většinu času stále stejná a jsou komplexní i uniformní. Auta tyto podmínky také splňují. Jinými slovy, pro základní rozpoznání objektu často stačí použít pouhé komponentové vnímání, ale pokud jsou samotné dílčí části stimulu nedostatečné pro rozpoznání, je potřeba užít holistické vnímání (Rezlescu et al. 2017a). U jakých dalších objektů se tento typ vnímání uplatňuje ukážou až budoucí vědecké studie. Některé experimenty mimo jiné naznačují provázanost mezi rozpoznáváním obličeje a těla (Seitz 2002). Například rozpoznání pozice těla bylo mnohem horší bez hlavy než s přítomnou hlavou (Minnebusch et al. 2009; Yovel et al. 2010). Dokonce se pomalu upouští od dříve všeobecně přijímaného předpokladu, že obličeje jsou striktně specifické stimuly (Rezlescu et al. 2017b; Sunday et al. 2017; Tanaka a Simonyi 2016). Ale i recentní autoři uvažují o rozdílném mechanismu holistického vnímání rozmanitých objektů a něčeho tak unikátního a komplexního, jako jsou obličeje (Curby et al. 2019; Curby a Moerel 2019).

Holistické vnímání, konkrétně vnímání obličejů, může být ovlivněno různými aspekty. Studoval se vliv orientace na holistické vnímání. Ukázalo se, že s otáčením vodorovného obličeje od nuly až na 180 stupňů klesá úspěšnost rozpoznávání nebo vnímání bizarnosti (Boutet a Chaudhuri 2001; Mondloch a Maurer 2008; Murray et al. 2000). Dále se studoval vliv familiarity na holistické vnímání. Pro známější

obličeje mírně upřednostňujeme komponentové vnímání nad holistickým, kdežto u neznámého obličeje využíváme typický holistický přístup. Oči se zde zdají být zásadním prvkem (Mohr et al. 2018; Di Oleggio Castello et al. 2017; Tanaka a Simonyi 2016). Vliv pozornosti je dosti specifický a nejasný. Úspěšné rozpoznání obličeje může být narušeno přítomností jiného objektu, ale ne jiného obličeje (Bindemann et al. 2005). Autoři se domnívají, že existuje holistická kapacita vyhrazená pro rozpoznávání jednoho obličeje, která pomůže eliminovat přítomnost okolních obličejů pro lepší soustředění se na rozpoznání. Ale při přítomnosti jiných rozptylujících objektů může dojít ke snížení soustředění a úspěšnosti (Bindemann et al. 2005). Avšak Rhodes a Palermo (2002) tvrdí opak. Při přehlcení pozornosti díky přítomnosti mnoha obličejů vedle sebe došlo k mírnému zhoršení úspěšnosti rozpoznávání. Jenže tyto dvě studie se lišily v metodologii experimentu, konkrétně v rozdílné dlouhé době přítomnosti stimulu na obrazovce. Každopádně je jisté, že orientace obličeje je pro rozpoznání krucální. U invertovaných obličejů se zhoršuje rozpoznatelnost oproti normální vzpřímené pozici (Olk a Garay-Vado 2011). Úhel pohledu na obličej (profil, mírné natočení, přímý pohled) se zdá být velmi důležitý pro vnímání komponentů, ale nikoliv pro vnímání konfigurace. Jakkoliv přirozeně se obličej natácel, vnímání konfigurace se výrazně nezhoršilo, opačné to bylo s komponenty (McKone 2008). Úplnou ztrátu informace pro rozpoznání dosáhneme chaotickým přeházením komponentů či inverzí obličeje spolu se zamlžením, kdy dojde ke ztrátě komponentové i konfigurační informace, tedy skoro k absolutní nemožnosti vnímat holisticky (Collishaw a Hole 2000).

Teorii holistického vnímání podporuje řada důkazů různých vědeckých oborů. Důkazy, kterými se výhradně zabývá tato bakalářská práce, pocházejí z behaviorálních testů. První experimenty porovnávaly rozpoznávání obličejů a jiných objektů (domy, krajiny, různé předměty). Tyto experimenty doložily v minulém století předpoklad o specifičnosti rozpoznávání obličejů (Tanaka a Farah 1993; Yin 1969). Další experimenty zhruba na přelomu nového tisíciletí se snažily zjistit původ této specifičnosti, tedy pochopit způsob vnímání obličejů (McKone a Robbins 2011). Vědci tak došli postupně k definici holistického vnímání (Tanaka a Gordon 2011). Nejznámějším experimentem je inverzní úloha, kdy subjekt vykazuje vyšší úspěšnost rozpoznávání při normálním vzpřímeném zobrazení stimulu než při převráceném o 180 stupňů (Yin 1969). Dále kompozitní úloha, kdy při rozdělení obličeje na dvě poloviny a následném vytvoření spojeného či nespojeného kompozitu z různých obličejů (chiméry) dochází k interferenci těchto dvou polovin a snížení úspěšnosti rozpoznání jedné (naučené) poloviny (Galton 1878; Young et al. 1987). Jasným dokladem holistického vnímání je také „part-whole“ úloha. Subjekt lépe rozpozná jednotlivé komponenty v kontextu celého obličeje než v izolaci samostatně (Tanaka a Farah 1993). Specifickým a trochu humorným jevem je pak „Thatcher efekt“ (Thompson 1980).

Vnímání obličeje jako holistického celku bylo podpořeno i mnoha neurologickými výzkumy (Dekowska et al. 2008). Obvykle byly tyto výzkumy propojeny s behaviorálními úlohami, při nichž se zároveň monitorovaly neurologické aktivity mozku. Jako první byl měřen kognitivní evokovaný potenciál N170, který vykazoval fluktuace v přítomnosti obličeje jako stimulu (Bentin et al. 1996; Rossion et

al. 2003) i lidského těla s hlavou (Minnebusch et al. 2009). Další doklady přinesla funkční magnetická rezonance (fMRI) v oblastech mozku zvaných FFA, OFA (fusiformní závit spánkového laloku a specifická oblast týlního laloku), které zodpovídají za detekci obličeje i jeho rozpoznání. Rozpoznávání objektů obecně pak zajišťuje oblast s názvem LOC (laterální týlní komplex). Jejich aktivita v závislosti na výsledcích behaviorálního testu potvrdila opakovaně doménovou specifickou rozpoznávání obličejů a tedy i holistického vnímání (Fur et al. 2011; Kanwisher a Yovel 2006; Yovel a Kanwisher 2004, 2005, 2009). Pokud se vědci zaměřili na vnímání jiných uniformních, komplexních objektů, se kterými navíc máme intenzivní zkušenost, zjistili podobně intenzivní aktivitu ve FFA oblasti (Bilalic et al. 2011; Wong et al. 2012). Například se ukazuje, že neurální centra pro detekci obličeje a končetin by měla spolu úzce sousedit i spolupracovat v přední spánkové kůře (Weiner a Grill-Spector 2013).

Dalším dokladem pro holistické vnímání jsou studie o pacientech postižených prosopagnosií. Jde o nemoc způsobenou poškozením mozku, která znemožňuje rozpoznávání obličejů. Při testování pacientů s touto chorobou se ukázalo, že pacienti na rozdíl od zdravých subjektů běžně orientovanou tvář rozpoznávají stejně špatně jako invertovanou. Pokud se testovaly komponentové nebo konfigurační změny na obličeji, nebyli schopni tyto změny rozeznat. Mechanismy pro rozpoznávání obličejů mají tedy poškozené nebo utlumené, ale ostatní objekty byli schopni víceméně rozpoznat (Busigny a Rossion 2010; Farah et al. 1995; Towler et al. 2018; Yovel a Duchaine 2006). Neurologicky prokázaný se také jeví vliv autismu na vnímání obličejů. Autisté projevovali nižší aktivitu ve FFA než v LOC při měření nervové aktivity mozku pomocí fMRI, což může znamenat zhoršení schopnosti rozpoznávat obličeje (Schultz et al. 2000). Behaviorálními testy se sice holistické vnímání autistických pacientů nevyvrátilo, avšak jisté odchylky se objevily. Abnormalita se týkala toho, že preference soustředění na oblast okolo očí se při rozpoznávání obličeje změnila na oblast úst. Pokud byly autistům předkládány změny očí, jejich úspěšnost v experimentech se velmi snížila, což byl opačný výsledek, než dosáhly kontrolní subjekty (Joseph a Tanaka 2003). Rozpoznávání tváří se tedy zdá být velmi citlivé na neurologické poruchy mozku.

Rozpoznávání obličejů se testovalo v rámci ontogeneze člověka u dětí, adolescentů a dospělých. Již novorozenci jsou schopni rozpoznat svou matku podle obličeje několik dnů po narození (Pascalis et al. 1995). Dřívější studie tvrdily, že dítě schopnost rozpoznávání obličejů včetně holistického vnímání nabývá graduálně s věkem do své plné formy, protože děti vždy více chybovaly nebo byly pomalejší v jednotlivých experimentech než dospělí (Carey 1992; Carey a Diamond 1994; Diamond a Carey 1986; Mondloch et al. 2002). V současné době se však jeví holistické vnímání kompletní už okolo čtvrtého nebo pátého roku života a nedochází k jeho markantnímu zlepšování v průběhu vývoje, ale kvalita rozpoznávání obličejů může samozřejmě se získáváním zkušeností narůstat (Crookes a McKone 2009). Podpořila to i studie zabývající se vývojem neurálních substrátů pro rozpoznávání obličejů. Neurální centra jsou etablována již po několika dnech života, takže mechanismy pro rozpoznávání obličejů nabydou kompletní „dospělé“ formy okolo již zmíněného čtvrtého roku života (McKone et al. 2009). Důvodem horších výsledků dětí při behaviorálních studiích se zdá být postupný vývoj základních

kognitivních schopností jako je pozornost, koncentrace, přesnost, rychlost rozhodování, nedostatek zkušeností, takže jsou výsledky méně přesné než u dospělých. Je tedy možné, že vlivem sociální selekce si člověk vyvine mechanismy vnímání obličejů již v takto nízkém věku, aby mohl okamžitě sociálně fungovat a vnímat okolí (Crookes a McKone 2009). Zároveň se zdá, že v pokročilém věku platí opačný vztah v kvalitě rozpoznávání obličejů. Při testování starších dospělých o věkovém průměru 70 let a mladších dospělých o průměru 23 let se ukázalo, že starší lidé v testovaných úlohách mají mírně nižší úspěšnost. Pokud se testovalo rozpoznávání jiných objektů, úspěšnost byla u obou věkových skupin identická (Boutet a Faubert 2006). Co se týče získávání zkušeností s nějakým objektem, nezávisle na věku, pouze tréninkem, je jasný nárůst kvality jeho rozpoznání. Bylo uskutečněno několik studií s laiky a experty na určitý obor zájmu (auta, ptáci, psi). Pokud má člověk dostatek zkušeností s danými objekty, jeho rozpoznávání je přesnější. Expert si mnohem rychleji všímá klíčových znaků, detailů ať už na autě či zvířeti, navíc je schopen mnohem hlubší kategorizace (Curby et al. 2009; Diamond a Carey 1986; Taylor a Tanaka 1991). S obličejí se to zdá být mnohem jednodušší. Člověk je expert na obličejí již v mladém věku. Děti se v podstatě rodí s téměř dokonalými mechanismy rozpoznat obličej, ale ne se schopností rozpoznat druh ptáka či plemeno psa. Je to také jeden z důkazů o specifčnosti mechanismů pro rozpoznávání obličejů (McKone a Robbins 2011).

3. Behaviorální studie

Jak již bylo zmíněno v předchozí kapitole, většina důkazů o existenci specifického holistického vnímání je spojena se studiem rozpoznávání obličejů, přičemž nejstarší práce pocházejí ze 60. let minulého století. Doklady o specifčnosti vnímání obličejů přinášejí především tři skupiny behaviorálních experimentů – inverzní úloha, kompozitní úloha a „part-whole“ úloha. Behaviorální studie nejčastěji probíhaly metodou nuceného (forced-choice) výběru. Subjekt musí v testové fázi vybrat stimuly, které se naučil v tréninku, přičemž buď volí jeden ze dvou stimulů prezentovaných současně, nebo jsou mu správné a nesprávné stimuly prezentovány postupně. Toto je nejčastější uspořádání u „part-whole“ úlohy a inverzní úlohy. Kompozitní úlohu detailně popíši v samostatné podkapitole.

3.1 „Part-whole“ úloha

Velká část prací hledajících behaviorální doklady specifické povahy vnímání obličejů vycházela z myšlenky, že se může lišit úspěšnost rozpoznávání obličejů a jiných objektů (včetně různě modifikovaných obličejů). Jednoduchá behaviorální úloha „part-whole“, která spočívala v rozpoznávání dílčího komponentu v izolaci nebo v kontextu celého objektu tak ukázala, že obličej vnímáme jako celek. První z těchto prací (Tanaka a Farah 1993) zahrnovala tři samostatné experimenty.

V prvním se subjekty naučily v tréninku rozpoznávat kresby 12 různých obličejů, 6 z nich bylo nemodifikovaných (normálních) a 6 zamíchaných (oči, nos, ústa byly v obličejí umístěny náhodně). Ve vlastním pokusu měly rozlišit dílčí komponent jednoho z naučených obličejů (oči, nos, ústa) od téhož

komponentu z jiného naučeného obličeje. Tyto komponenty byly prezentovány buď samostatně nebo v kontextu obličeje (odlišného od všech naučených obličejů). V obou případech měly tedy subjekty jako vodičko jen testovaný komponent. Obličej byl stejně jako v tréninku buď nemodifikovaný nebo zamíchaný. Izolovaný nos byl rozpoznáván hůř než nos v normálním obličej, ale lépe než nos v zamíchaném obličej. Autoři z toho vyvozují, že se subjekty naučily rozpoznávat normální obličej jako celek, a tedy nepřítomnost ostatních (byť neinformativních) komponentů, schopnost rozpoznání komponentu v izolaci se proto snížila. Zamíchaný obličej se oproti tomu subjekty naučily jako soubor znaků a nepřítomnost ostatních komponentů, tedy schopnost rozpoznání zvýšila. Rozpoznávání očí bylo úspěšnější než rozpoznávání nosu a úst, což znamená, že je jednotlivým částem obličeje věnována různá pozornost.

V druhém experimentu bylo opět porovnáváno rozpoznávání dílčích komponentů obličeje v izolaci a jako součástí obličeje (podobný případ jako **obr. 2a** v horní polovině schématu). Obličeje předkládané v tréninku se tentokrát lišily jen orientací. Polovina byla prezentována v normální, polovina v převrácené poloze. Zatímco u převrácených obličejů se úspěšnost rozpoznávání izolovaných komponentů a komponentů prezentovaných jako součást obličeje nelišila, v případě normálně orientovaných obličejů bylo rozpoznávání izolovaných komponentů méně úspěšné. To dokazuje, že holistické vnímání uplatňujeme jen u obličejů v přirozené poloze.

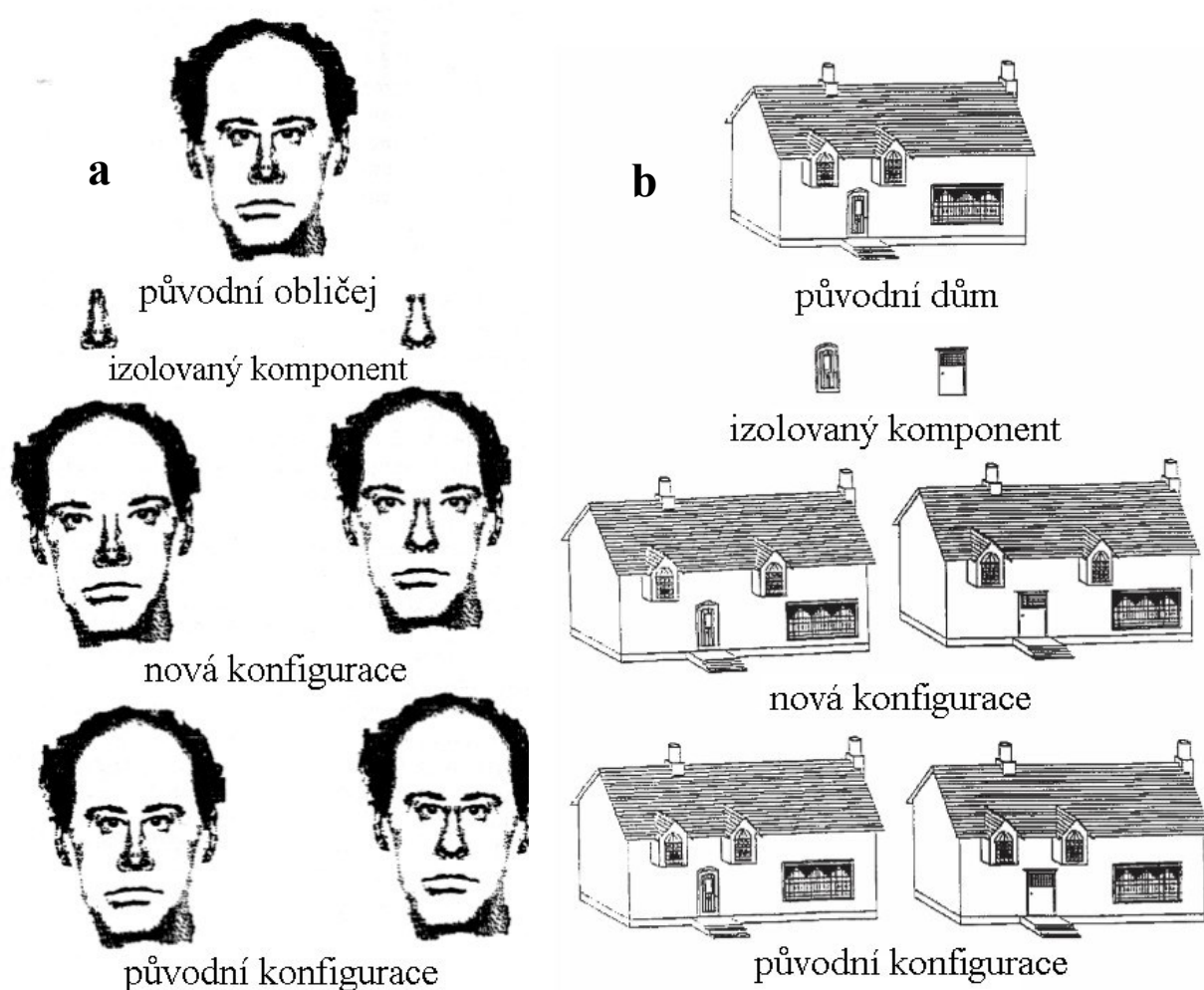
Třetí experiment porovnával rozpoznávání jednotlivých komponentů normálních obličejů s rozpoznáváním jednotlivých komponentů (dveře, malé okno, velké okno) obrázků domů (podobný případ jako **obr. 2b** v horní polovině schématu). Lepší úspěšnost v rozpoznávání komponentů prezentovaných jako součást celého objektu se projevila pouze u obličejů. Holistické vnímání se tedy uplatňuje jen u obličejů, a nikoliv u libovolných objektů (Tanaka a Farah 1993). To je ovšem v současnosti bráno jako nepravda a holistické vnímání lze uplatnit na určité jiné objekty (viz str. 3), pokud splní určité podmínky (Rezlescu et al. 2017a).

Studie s poškozenými a zamíchanými stimuly byly prováděny již dříve. Nepřekvapivě vyšlo, že nemodifikovaný objekt (obličej, židle) je mnohem lépe rozpoznatelný než různě zmodifikovaný (Davidoff a Donnelly 1990). Ale tyto studie nikdy nenarazily na skutečnost, že je izolovaný komponent objektu mnohem hůř rozpoznatelný než v rámci celku. To ukázaly až obličeje v studii Tanaka a Farah (1993).

Sporná je studie Donnelly a Davidoff (1999). Autoři se snažili zreplikovat třetí experiment předešlé studie (Tanaka a Farah 1993) a u domu jim vyšlo lepší rozpoznání komponentů v rámci celého domu než v izolaci. Pokud pak dům a obličej zamíchali, vyšlo jim, že komponent v zamíchaném domě subjekt rozpozná lépe než komponent v izolaci, což opět odporuje výsledkům předešlé studie (Tanaka a Farah 1993). Zkusili tedy nakonec dům zcela zhomogenizovat (bez textur, bez povrchových detailů) a také jim výsledky vyšly podobně. Uvažují proto o tom, zda i domy nevnímáme holisticky, alespoň v určité míře (Donnelly a Davidoff 1999). To nás přivádí k představě o holisticko-analytickém spektru, podle níž na libovolné objekty aplikujeme v různém poměru holistické a analytické vnímání, přičemž

pro obličej vyžíváme holistické vnímání nejvíce (Tanaka a Gordon 2011). To, že na domy v studii (Donnelly a Davidoff 1999) pokusné subjekty aplikovaly tento typ vnímání spíše než analytický přístup, může být vlastně otázka zvolené strategie (Tanaka a Gordon 2011). Studie (Donnelly a Davidoff 1999) každopádně zahájila debatu o užití holistického vnímání na jiné objekty než obličej.

Další studie (Tanaka a Sengco 1997) probíhala velmi podobně jako studie předešlá. Subjekt se naučil set obrázků obličejů nebo domů a následně se jej snažil rozpoznat na základě jejich dílčích komponentů v izolaci nebo v rámci celku. Rozdíl byl v tom, že kromě nemodifikovaných obličejů a izolovaných komponentů bylo třeba rozpoznat komponent v nově konfigurovaném obličej. Změnou konfigurace bylo myšleno oddálení očí či jejich přiblížení k sobě (**obr. 2a**). Nejlépe subjekty rozpoznaly komponent v normálním obličej, hůře v nakonfigurovaném, nejhůře v izolaci. Pokud se toto testovalo v rámci invertovaných obličejů, ukázalo se, že konfigurační manipulace zhorší rozpoznání komponentu v převráceném obličej natolik, že se neliší od rozpoznání v izolaci. Experiment autoři zopakovali s obrázky domů, kdy měl dům změněnou vzdálenost oken a rozpoznávaly se dveře jako komponent (**obr. 2b**). Zde se jasně ukázalo, že obličej je speciální stimul. Dveře v rámci normálního domu, nakonfigurovaného domu a v izolaci byly rozpoznány vždy stejně úspěšně. Aby vyvrátili percepčně



Obr. 2: schéma testovaných stimulů

(převzato a upraveno z Tanaka a Sengco 1997)

diskriminační hypotézu (perceptual discrimination hypothesis), vytvořili v dalším setu obrázků dveře a okna dosti podobné. Snížili tak jejich salienční (nápadnost) a zamezili soustředění se subjektů na výrazné komponenty jednotlivých domů. Ani tato změna úspěšnosti rozpoznání nijak neovlivnila. Tato studie je dobrý důkaz toho, že obličeje jsou vnímány holisticky a již pouhá změna konfigurace komponentů snižuje úspěšnost rozpoznání (Tanaka a Sengco 1997).

Srovnávací studie (Seitz 2002) potvrdila podobnost v rozpoznávání obličejů mezi dětmi a dospělými. Byly testovány osmileté a desetileté děti. Dva podobné experimenty spočívaly v tom, že opět v „part-whole“ úloze musely subjekty rozpoznat daný komponent (nos, ústa nebo oči) v izolaci či v celku. Výsledek byl ve shodě s předcházejícími studiemi a to neohledně na věk. Oči a ústa byla rozpoznána velmi dobře, zatímco nos byl mnohem hůře rozpoznatelný. Možná je to proto, že individuální parametry nosu velmi špatně vyniknou u 2D fotografie (Seitz 2002). Na této studii bylo však nejzajímavější to, že autorka přidala ještě jeden stimul, lidskou postavu. Buď byly testovány komponenty postavy v izolaci (nohy, ruce, torzo), nebo v rámci celku. Výsledky vyšly velmi podobně jako u obličejů, opět nezávisle na věku. Rozpoznání jednotlivých komponentů postavy v izolaci bylo horší než jako součástí celku (Seitz 2002). Je to tedy další příspěvek k tématu užití holistického vnímání na jiné objekty, než jsou obličeje.

„Part-whole“ úloha byla dobrým ukazatelem schopnosti vnímat holisticky u autistických dětí. Ty sice preferovaly v experimentu celek nad izolovaným komponentem, ale velmi se lišily v dílčích preferencích oproti kontrolním subjektům. Pokud měly rozpoznávat ústa, byly velmi úspěšné, u očí to bylo naopak. Může to naznačovat nejen jiné vnímání obličejů, ale i jiné vnímání emocí autistickými dětmi (Joseph a Tanaka 2003).

Specifická je studie (Tanaka a Gauthier 1997) zabývající se porovnáním rozpoznání obličejů, dříve zmíněných greebles (viz str. 3), aut, buněčných organel a psů v „part-whole“ úloze. Procedury experimentů byly podobné a výsledky na tu dobu překvapující. Nejhorší dopadl experiment hledající tento jev u obrázků psů. Zlepšení rozpoznávání komponentů (psích očí, úst nebo nosu) v rámci celku nevyšlo průkazně. Autoři se tedy domnívají, že na psy je užíván spíše komponentový přístup. Auta (světla, mřížka chladiče, nárazník) a organely v buňkách (jádro, jadérko, mitochondrie) dopadly obstojně. Autoři tvrdí, že tyto objekty vnímáme holisticky, ale se sníženou citlivostí. Tento typ holistického vnímání pak nazývají relativní, kdy je hlavní pozornost věnovaná základnímu umístění komponentů, ale je zde nízká citlivost na konfigurační změny (nezávisí tolik na úhlu umístění, vzdálenosti od ostatních komponentů). Obličeje a figurky Greebles vyšly jako typičtí představitelé integrálního holistického vnímání, tedy všech částí celku (Gauthier a Tarr 1997; Tanaka a Gauthier 1997). Tyto studie jsou jedny z prvních, které cíleně testují užití holistického vnímání na jiné objekty než jsou obličeje. Autoři zde polemizují, zda vlastní zkušenost a uniformita stimulu může přispět ke zvolení holistického přístupu, i když asi trochu rozdílného. Dle recentních poznatků se jeví, že by to tak být mohlo (Chua et al. 2015; Curby et al. 2019; Rezlescu et al. 2017a).

V současnosti se na „part-whole“ úlohu nahlíží velmi kriticky. Obličej se mohou zdát specifické ve své výsledkové stabilitě, ale závěry experimentů s jinými objekty rozporují striktní obličejovou specifickou (Rezlescu et al. 2017b). Uskutečněné studie však potvrzují, že obličej vnímáme ze všech jiných stimulů nejvíce holisticky, což je doloženo i jinými důkazy než behaviorálními (Tanaka a Simonyi 2016).

Takzvaný Vanderbilt Part Whole Test (VPWT) je zmodifikovaná „part-whole“ úloha (Sunday et al. 2017). Tato nová verze experimentální úlohy by měla přinést větší vyváženost výsledků, zohlednění individuality stimulů a být robustnější pro různé stimuly, nejen obličej. Například je v ní pracováno s velikostí komponentů stimulů, aby byla zlepšena jejich rozpoznatelnost. Také je ke komponentu v izolaci přidáno zamíchané nevýrazné pozadí dotvářející prostředí pro zachování prostorových představ o umístění komponentu. Při učení je komponent v izolaci či v celém obličej vždy červeně označený. Subjekty by tedy měly využít komponentové vnímání a nevnímat okolní obličej. Bohužel tento modifikovaný test nepřinesl přesvědčivé výsledky. Autoři alespoň poukazují na možnosti modifikací této úlohy pro pokrytí variability holistického vnímání a velký prostor pro další vědecké studie (Sunday et al. 2017).

3. 2 Inverzní úloha

Takzvaná inverzní úloha je nejrobustnější typ experimentu pro testování rozpoznávání specifických stimulů jako jsou obličej. Inverzní efekt, který je s touto úlohou spojený, započal hlubší debatu o rozpoznávání obličejů (Rezlescu et al. 2017b). Tento jev také velmi podpořil teorii holistického vnímání obličejů, neboť ukázal, že obličej při převrácení orientace není citlivý pouze na konfigurační změny, ale i na komponentové, tedy je vnímán jako celek (McKone a Yovel 2009).

První klíčová studie (Yin 1969) porovnávající vliv inverze na rozpoznávání obličejů a jiných objektů ukázala velký inverzní efekt pro obličej, tedy snížení úspěšnosti rozpoznání invertovaného obličej v porovnání se vzpřímeným. Reagovala na četná zjištění různých studií o velmi snížené úspěšnosti rozpoznání obličej při jeho inverzi např. u Hochberg a Galper (1967). Yin (1969) se rozhodl testovat, zda je toto zhoršení obdobně velké i u jiných objektů. V této studii byly provedeny tři experimenty. Všechny vycházely ze stejné procedury. 64 obrázků siluet letadel, domů, panáček v pohybu a obličejů bylo předloženo v tréninkové a testové fázi. V tréninku bylo z tohoto množství předloženo 40 obrázků a při testu 24 párů známých a neznámých obrázků. 16 obrázků z tréninkové série se tedy v testové fázi neobjevilo.

V prvním experimentu byla polovina obrázků v tréninkové a testové fázi převrácena a zbytek ne. Rozpoznání invertovaného obrázku bylo nejtěžší u obličejů. Ostatní objekty byly také rozpoznány hůře, ale oproti obličejům ve velmi zmenšené míře. V druhém experimentu autor předložil obrázek vždy v opačné orientaci, než byl v tréninkové fázi. U subjektů tedy muselo dojít k vlastní mentální inverzi. U obličejů se ukázal zmíněný inverzní efekt, kdy rozpoznání naučeného vzpřímeného obličej bylo mnohem horší, pokud byl v testové fázi invertován. Tento jev se nevyskytl u ostatních stimulů. Autor

vyvozoval dva závěry: 1) obličej je něčím specifické oproti ostatním kanonicky orientovaným objektům; 2) obličej je nejhůře rozpoznán v inverzi, protože vzpřímený je nejméně složitý (čím jednodušší vzpřímený objekt je, tím je více poškozen inverzí). Druhé tvrzení sám vyvrátil ve třetím experimentu. Zde testoval obrázky obličejů a postav obsahujících pouze torzo a hlavu bez obličeje oblečených v různých kostýmech. Díky stejným výsledkům, kdy byly obličeje opět mnohem více narušeny inverzí, vyvrátil teorii o jednoduchosti obličejů, neboť postavy byly mnohem více simplexní. K předešlému prvnímu tvrzení tedy přidal předpoklad důležitosti familiárnosti subjektu s obvykle kanonicky orientovanými objekty. Proto byly dle něj v různé míře inverzí ovlivněny všechny testované objekty. Specifické postavení obličejů téměř sám odhalil, když se ptal subjektů, jakou strategii použily na jednotlivé typy stimulů, tedy všímání si specifických komponentů, anebo vnímání celkového dojmu z obrázku. Druhý typ strategie byl užíván většinou na obličej, ale nikoliv na invertované (Yin 1969). Touto verbální komunikací se subjekty autor vlastně nevědomě došel k podstatě holistického vnímání obličejů.

Navazující studie (Diamond a Carey 1986) používala stejné experimentální procedury. V první úloze srovnávala vliv inverze obličeje a fotografií krajiny nebo domů. Obličej vyšel s větším inverzním efektem. Další experiment porovnával fotografie psů a lidských obličejů při účasti expertů na psí plemena a nezkušených pokusných osob. Inverzní efekt vyšel přesvědčivě pro lidské obličej, ale i u expertů pro fotografie psů, byť jen slabší. Když tento experiment zmodifikovali tak, že konkrétní plemena (pudl, skotský teriér, irský setr) předložili pouze expertům na ono konkrétní plemeno, dosáhli podobně velkého inverzního efektu jako u lidských obličejů. Autoři se domnívají, že pokud stimuly sdílí podobnou obecnou konfiguraci a subjekty s nimi mají velkou zkušenost, tak vznikne inverzní efekt (Diamond a Carey 1986). Zde se dostáváme k jevu, který není vyřešen ani v současnosti. Tato a podobná studie s obrázky aut (Curby et al. 2009) byla podrobena kritice za to, že subjekty fotografie viděly již před experimenty, měly je nastudované, což způsobilo velký inverzní efekt (McKone a Robbins 2011). Variabilita inverzního efektu v závislosti na předešlé zkušenosti je opravdu velká. Další studie například našla inverzní efekt u expertů na individuální rukopisy (Bruyer a Crispeels 1992) nebo na Greebles (Gauthier a Tarr 1997). V současnosti se potvrzuje vliv zkušenosti s objekty jako obecný determinant pro inverzní efekt a tedy i pro užití holistického vnímání. Jak již bylo zmíněno výše, stimul ale musí splňovat určité podmínky (Campbell a Tanaka 2018; Chua et al. 2015; Diamond a Carey 1986; Rezlescu et al. 2017a). Zcela recentně se dokonce ukazuje, že i nové, neznámé objekty, které mají charakter celku, mohou indukovat holistické vnímání (Curby et al. 2019; Curby a Moerel 2019).

Proto také první review o inverzním efektu (Valentine 1988) bylo psáno velmi skepticky. Autor se nepřikláněl ke specifčnosti obličejů, jen zdůrazňoval lidskou zkušenost s nimi a uniformnost tohoto stimulu. Tyto závěry se dost podobají těm současným. Pouze se mýlil v typu vnímání obličejů, neboť tvrdil, že obličej vnímáme striktně konfiguračně, a proto vzniká inverzní efekt. Následně se rozpoutala debata o tom, co inverze způsobuje s obličejem, co vnímáme v invertovaném obličej, popřípadě na jaké změny jsme citliví. Díky této intenzivní vědecké práci se přijala teorie o holistickém vnímání.

Jedna z prvních studií (Rhodes et al. 1993), zkoumajících citlivost rozpoznání obličeje při inverzi na změny, testovala schopnost rozlišit v tréninku naučené a modifikované obličeje, které jim byly předkládány ve dvojicích. Porovnávány byly výsledky u obličejů předkládaných v normální a invertované poloze. Úpravy byly různé – konfigurační změny, komponentové změny, přidávání vousů, brýlí. Výsledky ukázaly, že inverzní efekt vznikl jak při manipulaci komponentů (např. změna nosu za jiný) tak i při změně konfigurace komponentů (např. změna vzdálenosti očí a nosu). Autora překvapil velký inverzní efekt u obou typů změn, protože se dosud vědci přikláněli ke konfiguračnímu vnímání obličejů, tedy že subjektům je při inverzi zamezeno konfiguračnímu vnímání a je zpřístupněno pouze komponentové. Subjektům naopak nečinilo problém rozpoznat invertovaný obličej jako chybný, když byl obohacený o vousy či s přehozenými pozicemi úst a očí. Tyto změny byly velmi zřetelné na rozdíl od předešlých, nenavodily inverzní efekt. Autor tedy v souvislosti s komponentovými i konfiguračními změnami poprvé vyřknul teorii o holistickém vnímání (Rhodes et al. 1993).

Kritická byla vůči této hypotéze studie Leder a Bruce (2000). Zaměřila se také na schopnost detekce konfiguračních i lokálních změn, přičemž výsledky jasně naznačily preference pro konfigurační vnímání. Konfigurační manipulace vyvolávaly velký inverzní efekt, tedy neschopnost naučený a modifikovaný obličej v inverzi správně rozpoznat, zatímco komponentové nikoliv. Autoři z toho vyvodili závěr, že hlavní poškození při inverzi se týká prostorové informace, zatímco komponentová informace je vždy zachována a inverze schopnost její detekce neovlivní (Leder a Bruce 2000). Studii ale v následujících letech napadla řada vědců kvůli jasné nevyváženosti obtížnosti i špatné definici komponentu obličeje. Autorem změněné lokální znaky (jas, kontrast nebo barva komponentů) nebyly komponentové v pravém slova smyslu. Na základě změny barvy nelze usuzovat nic o citlivosti na komponentové změny. Tyto změny jsou vlastně ireverzibilní z hlediska orientace (McKone a Yovel 2009; Yovel a Kanwisher 2004). K obdobným závěrům jako Leder a Bruce (2000) nicméně dospěly i další studie. Například změna komponentů za úplně jiné (např. tvarově, rozměrově úplně odlišný nos) (Freire et al. 2000) či testování schopnosti detekovat změnu barvy očí a změnu jejich polohy (Barton et al. 2001), tedy opět absolutní nerovnováha obtížnosti, vedly k tomu, že inverze zhoršila jen rozpoznání konfiguračních změn.

Leder et al. (2001) proto manipuluje již pouze s konfigurační informací, nicméně přichází na zajímavý fenomén. Když v invertovaném obličejí převrátí oči do původní polohy, inverzní efekt se vyruší. Tyto a další studie shrnuje review, kde se jasně přiklání ke konfiguračnímu vnímání obličejů jako specifickému činiteli definovaném ve dvou úrovních, které jsou popsány v úvodu (Maurer et al. 2002).

Zajímavé jsou studie, které hledaly hranice našich kognitivních schopností spojené s inverzí. Vycházely částečně ze starší práce, v níž byl analyzován výjimečný pacient s poškozením mozku, který nebyl schopen vnímat komponenty, ale pouze konfiguraci (Moscovitch et al. 1997). Autoři těchto studií se tedy pokoušeli oddělit tyto typy vnímání a úplně je deaktivovat. Dosáhli toho tak, že jednotlivé komponenty částečně zatemnili a obličej samotný byl invertován. Testované osoby nebyly absolutně

schopny jej rozpoznat, protože inverzí se porušila konfigurace, zároveň se zatemněním znepřístupnila informace o komponentech (Collishaw a Hole 2000; McKone et al. 2001). Takovéto manipulace tedy poškozují holistické vnímání (Tanaka a Simonyi 2016).

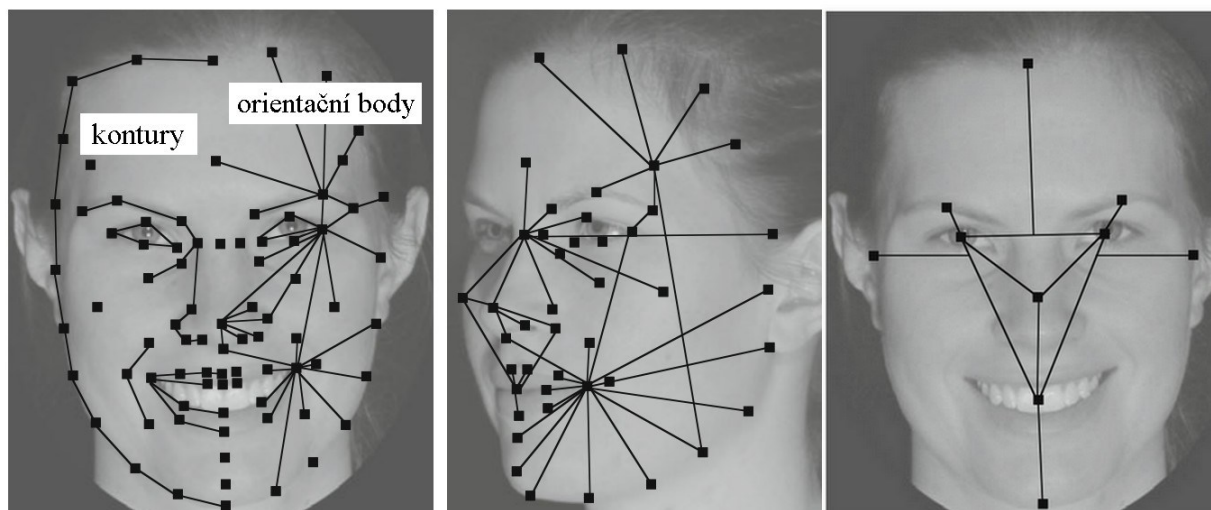
Přelomová studie Riesenhuber et al. (2004) dosáhla jasného posunu v debatě o relativní důležitosti konfigurace a komponentů. Autoři opět předložili invertované a normálně orientované obličeje s konfigurační či komponentovou změnou v tzv. neblokované proceduře (unblocked design). Obličeje se různě střídaly a subjekt nemohl předvídat, zda se objeví obličej s konfigurační nebo komponentovou změnou. Výsledky přesvědčivě ukázaly rovnocenný inverzní efekt pro oba typy změn. Subjekty si totiž mohly v předešlých studiích vytvořit vlastní strategii. Například soustředit se pouze na komponenty a nevnímat změnu jejich pozic. Z této studie ale vyplývá, že inverzí se ovlivní jak vnímání konfigurace, tak i komponentů. Konfigurace je inverzí velmi porušena a je lepší pro subjekt soustředit se na komponenty, které se narušily jen částečně. Dochází k nemožnosti vnímat obličej holisticky (Riesenhuber et al. 2004).

Když ve své další studii Leder a Carbon (2006) upravili obtížnost, tak aby byla u obou typů úprav stimulů obdobná, vyšlo jim ovlivnění i komponentovými změnami. Dále však tvrdili, že klíčové je konfigurační vnímání. Testovali také inverzi na fotografiích domů, ale ty žádný inverzní efekt nepřinesly. Uvažovali o tom, že na neznámých stimulech si všímáme hlavně komponentů a nevšímáme si stimulu jako celku, proto také potřebujeme k jejich rozpoznání více času (Leder a Carbon 2006).

Další studie (Goffaux a Rossion 2007) se zaměřila na efekt změn z lišících se orientací. Subjektům předkládali v inverzní úloze obrázky s různými komponentovými změnami, mimo jiné s horizontální nebo vertikální změnou komponentů (protáhnutí, rozšíření apod.). Úkolem bylo rozpoznat, jestli je dvojice obličejů stejná či nikoliv. Ukázalo se, že vertikální změna komponentu velmi výrazně zvyšuje inverzní efekt, také prodlužuje reakční časy. Subjekty téměř nebyly schopny rozpoznat obličej v inverzi, pokud nos či oči byly různě vertikálně upraveny. Zároveň se autoři zamýšlí nad tím, zda takováto úprava komponentu nenarušuje i konfiguraci obličeje. Obličeje jsou dle autorů vertikální stimuly, kde je většina komponentů soustředěna kolem vertikální osy, proto vykazují takovou citlivost na vertikální úpravy. Podobné objekty mohou být i lidská těla, u kterých se tento jev také objevuje (Reed et al. 2003). Sekunova a Barton (2008) zjistili podobné výsledky. Navíc k vertikálním nebo horizontálním změnám komponentů (oči, ústa) přidali v případě očí změnu pozice obočí. Rozpoznávání se ještě více zhoršilo, protože rozlišení bylo mnohem těžší, než když se manipulovalo se samostatnými očima. Zajímavé bylo, když přikázali subjektům, aby se na daný komponent při učení soustředily. U úst zhoršení rozpoznání inverzí skoro zmizelo, ale u očí stále vznikal velký inverzní efekt. Možná je to dle autorů vyšší komplexitou a relevancí očí.

Poznatky získané do roku 2010 shrnují dvě souborné review (McKone a Yovel 2009; Rossion 2008). Rossion (2008) často kritizuje technické detaily, pominutí významu individuální pozornosti a strategie subjektů. Spíše se přiklání ke konfiguraci jako hlavní informaci, která je inverzí poškozena, ale holistické vnímání nepopírá. McKone a Yovel (2009) považují za podstatné současné poškození

konfigurační i komponentové informace a staví se plně za holistické vnímání. Výsledek „part-whole“ úloh, existence kompozitního a inverzního efektu podle nich ukazují jasnou integraci obou typů informací obsažených v obličeji. Také částečně vyvrací vliv komponentových změn typu barva, jas, kontrast a také vliv počtu stimulů v experimentu. Zároveň se McKone a Yovel (2009) pokouší o novou definici holistického vnímání, kdy předpokládají využití detailnějších lokálních znaků a tzv. orientačních bodů (**obr. 3**). Holistické vnímání tedy zahrnuje vnímání všech tvarů, kontur, linií, vzdáleností obličejových oblastí, ale také vnímání obličeje z různých pohledů (boční apod.) (McKone a Yovel 2009).



Obr. 3: zobrazení nového (vlevo, uprostřed), původního (vpravo) pojetí vnímání lokálních znaků (převzato a upraveno z McKone a Yovel 2009)

Na kritiku svého review reagující Rossion (2009) přichází s myšlenkou o degradaci našeho percepčního pole při inverzi. Při vnímání normálního vzpřímeného obličeje jsme schopni vnímat konfiguraci i komponenty, ale v invertovaném obličeji se nám zredukuje percepční pole na minimum a zachycujeme nejčastěji pouze střed obličeje. Tuto hypotézu rozvíjí Tanaka et al. (2014). Obličej považuje za holistický komplex, jehož invertováním nemůže dojít ke spojení konfigurace s komponenty, přestože oblast okolo očí zůstává často nepoškozena. Oči jsou dle něj jistě velmi důležité pro vnímání obličejů, ale bez klíčové holistické integrace informací z ostatních oblastí obličeje je rozpoznání nedostatečné.

Následující studie (Van Belle et al. 2010) manipulovala se zakrýváním komponentů v inverzi, kdy naučený komponent autoři ukázali či nikoliv. Pokud se zakryly oči, obecně oblast okolo středu invertovaného obličeje, inverzní efekt se ještě více navýšil. Doplnují tímto hypotézu o narušení holistického vnímání při inverzi a zhoršení rozpoznávání obličejů (Van Belle et al. 2010). Podobné výsledky dosáhla i další studie (Taubert et al. 2011), která zhoršení holistického vnímání při inverzi potvrdila novou tzv. „staircase“ metodou. Tato metoda vyžadovala okamžité reagování na dva obličeje (naučený a nesprávný) krátce prezentované najednou, následované dlouhým intervalem nevýznamného ruchu. Autoři opět poukázali na velkou rychlost přesného rozpoznání obličeje díky holistickému

vnímání. Také přispívají do debaty o tomto vnímání jako procesu, který nemusí být užíván striktně na obličeje, ale obecně na podobné uniformní a současně komplexní stimuly (Taubert et al. 2011).

Inverzní efekt se objevil i u jiných objektů než obličejů - obrázků psů (Diamond a Carey 1986), Greebles (Ashworth et al. 2008), aut (Curby et al. 2009; Rezlescu et al. 2017a). Nemůžeme tedy striktně říci, že inverzní efekt je důkaz o specifičnosti obličejů proti ostatním objektům, jen jsou u nich jeho projevy nejzřetelnější. Tento typ úlohy nám opět bohužel neodkrývá mechanismy holistického vnímání (Rezlescu et al. 2017a; Rezlescu et al. 2017b).

Specifickým jevem, který vzniká inverzí, je „Thatcher efekt“. V původní studii (Thompson 1980) byl zkoumán neznámo kde vytvořený humorný obraz Margaret Thatcherové (**obr. 4**), kde její ústa a oči byly navzdory celkové poloze obličeje převráceny. Tento stimul ztratil svou velkou grotesknost, pokud byl celý obličej i s těmito úpravami převrácen (Thompson 1980). Toto zjištění indukovalo vznik mnoha studií o tomto efektu. Například Psalta et al. (2014) tvrdí, že tento jev znehodnotí vnímání emocí na obličejích, ale identita zůstane částečně zachována. Také to dokazuje vliv inverze nejen na konfiguraci, ale i komponenty, neboť „Thatcher efekt“ způsobí hlavně narušení vnímání komponentů.



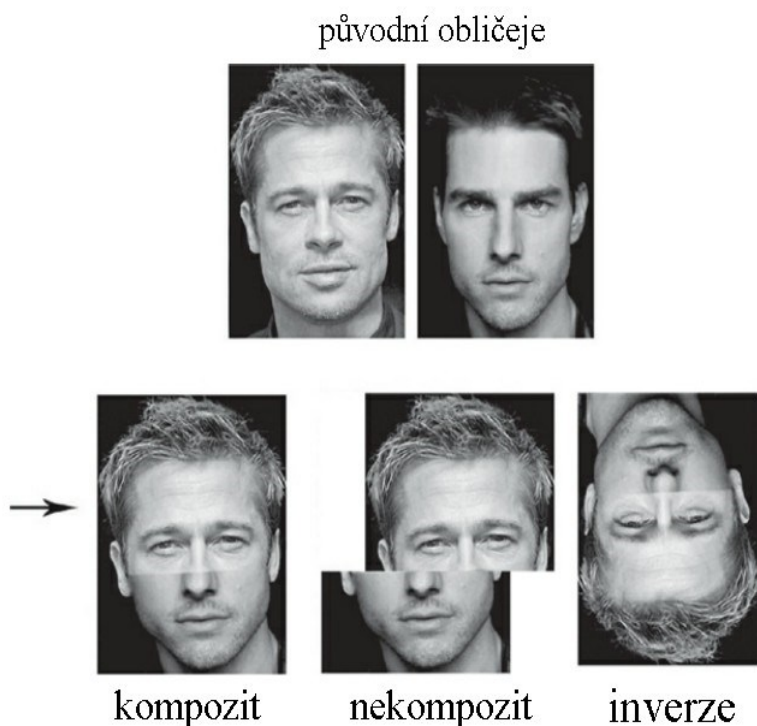
Obr. 4: fotografie Margaret Thatcherové beze změn (vlevo) a s převrácenými komponenty (vpravo)
(převzato a upraveno z Thompson 1980)

3. 3 Kompozitní úloha

Již Francis Galton (1878) používal metodu kompozitu pro své studie, kdy splynutím více fotek lidí podezřelých z kriminality dosáhnul překvapivé vzájemné podobnosti těchto lidí. Uvažoval i o užití této metody pro lepší šlechtění zvířat či odhadnutí podoby potomků splynutím fotografií matky a otce. V této

studii také poprvé uvažuje o holistickém vnímání obličejů. Svůj výzkum také důkladně diskutoval se svým bratrancem Charlesem Darwinem (Galton 1878).

První použití kompozitní úlohy inspirované Galtonem pro studii zaměřenou přímo na vnímání obličejů uskutečnil Young et al. (1987). V prvním experimentu byly použity fotografie známých lidí. Jejich obličeje byly horizontálně rozděleny na dvě poloviny (oči, vlasy/nos, ústa). Subjekty se naučily horní či spodní polovinu samostatně. V testové části jim byl předložen buď kompozit složený ze rozdílných částí a bylo nutné rozpoznat horní či spodní polovinu kompozitu. Nebo jim byl předložen „nekompozit“, opět dvě rozdílné části, ale viditelně oddělené od sebe (**obr. 5**). Výsledky reakčních časů byly horší pro kompozity než „nekompozity“. Subjekty byly pomalejší v rozpoznávání určité části kompozitu, protože vyvolává dojem normálního obličeje. „Nekompozit“ oddělením částí rozpoznání velmi usnadnil. Tyto výstupy definují tzv. kompozitní efekt. Ve druhém experimentu byly užity stejné stimuly, ale polovina byla předložena v inverzi. Převrácení potlačilo rozdíly v reakčních časech tím, že u kompozitů se rozpoznání urychlilo. Pokud ten samý typ experimentu autoři provedli s fotografiemi neznámých lidí, výsledky byly podobné. V posledním experimentu se pokusili testovat, zda jsou rozdílně důležité externí a interní komponenty obličeje. Výsledky nic takového nenaznačily. Autoři shrnují svou studii tvrzením, že je u kompozitu přítomna interference ve vnímání částí obličeje se zbytkem, nelze se tedy striktně soustředit pouze na jednu část. Tento efekt se ruší inverzí, protože se při ní ztrácí konfigurační informace a subjekt se může zaměřit pouze na komponenty (Young et al. 1987).



Obr. 5: schéma kompozitní úlohy (podobné jako u Younga et al. (1987))
(převzato a upraveno z Tanaka a Gordon 2011)

V této studii je tedy opět vyzdvihována důležitost konfigurace. Jak se ukáže později, tímto typem úlohy autoři přispěli k teorii o holistickém vnímání, neboť dokázali, že obličej vnímáme jako celek. Jen když viditelně oddělíme části obličeje od sebe, jsme schopni rozpoznávat pouze jednu polovinu samostatně (McKone a Yovel 2009).

Další studie přinesly podobné výsledky. Hole (1994) opět potvrdil, že kompozitní efekt se objeví bez ohledu na míru známosti stimulů. Carey a Diamond (1994) nenašli výrazné rozdíly v kompozitní úloze mezi dětmi a dospělými. Kompozitní efekt nijak neovlivní ani narušení pozornosti různými rušivými elementy při učení. Ovšem pokud se při učení musely subjekty učit invertované stimuly, kompozitní efekt to znovu velmi snížilo (Boutet a Chaudhuri 2002). Fascinující byla hypotéza, že je možno se s pomocí kompozitní úlohy naučit holisticky vnímat invertované obličeje. Experiment trval dohromady 181 hodin a ani po tak dlouhém čase tréninku a testování nebyly subjekty schopny vnímat invertované obličeje holisticky (Robbins a McKone 2003). Kompozitní úloha sloužila jako dobrý doklad o poškození holistického vnímání. Lidé narození se šedým zákalem obou očí, který byl později vyléčen, zaznamenali velmi variabilní výsledky v kompozitním efektu. Autoři se domnívají, že se jim narušil neurální substrát pro holistické vnímání z důvodu zrakové deprivace od narození, přesněji kvůli možné absenci rané zkušenosti s lidskými obličeji (Le Grand et al. 2004). Kompozitní úloha byla testována také se stimuly Greebles (Chua et al. 2015; Gauthier et al. 1998).

Intenzivně se debatovalo o správné podobě kompozitní úlohy. Young (1987) byl za použití své původní verze následně velmi kritizován. Vytvořil kompozity, kde spodní polovina obličeje byla vždy jiná, nikdy stejná, ale to napadá několik autorů pro neúplnost. V tomto typu úlohy může dojít k velkému ovlivnění individuálním rozhodováním (Cheung et al. 2008). Proto byl navržen nový vylepšený typ kompozitní úlohy, kterou vytvořil Gauthier a Bukach (2007). Úloha byla rozšířena na více variant polovin obličeje. Obě části kompozitu mohly být stejné nebo jiné, např. v horní polovině na všech stimulech Brad Pitt, na spodní polovině Tom Cruise, Leonardo DiCaprio apod. Spodní polovina svou variabilitou může kdykoliv narušit vnímání horní poloviny kompozitu, a tedy omezit různé taktické přístupy subjektů. Tomuto jevu se říká kongruenční efekt. Tento typ úlohy je mnohem robustnější pro testování holistického vnímání než jen pouhé sledování kompozitního efektu (Cheung et al. 2008; Gauthier a Bukach 2007; Richler a Gauthier 2014).

4. Holistické vnímání u zvířat

Autoři výše zmíněné (viz str. 3) evoluční studie (Burke a Sulikowski 2013) na závěr zdůrazňují, že nejvíce se o evoluci holistického vnímání dozvíme díky komparativním studiím mezi organismy. Studium kognice zvířat a člověka nám může přiblížit všechny evoluční aspekty holistického vnímání. Dosavadní výsledky se nicméně značně rozcházejí a jsou často nekvalitní. Vědci zatím dostatečně nerozšířili své pole působnosti na více druhů zvířat (Burke a Sulikowski 2013; Leopold a Rhodes 2010).

Pokud se podíváme na testování rozpoznávání obličejů u opic, je evidentní, že naši nejbližší příbuzní šimpanzi učenliví (*Pan troglodytes*) se nám ze všech opic nejvíce podobají v přístupu k rozpoznávání obličejů. Díky neurologickým a behaviorálním studiím vyšlo najevo, že vnímají jednotlivé komponenty i konfiguraci obličejů (Tomonaga a Imura 2015). Nelze jasně říci, jestli k tomu využívají holistického vnímání, ale velmi se tomu přibližují. U dalších opic se studie rozcházejí. Chápan středoamerický (*Ateles geoffroyi*) či makak rhesus (*Macaca mulatta*) nebo makak červenolící (*Macaca fuscata*) jsou dalšími možnými kandidáty na podobné vnímání obličejů jako u lidí (Nakata et al. 2018; Parr 2011; Taubert a Parr 2009).

Dále například ovce domácí (*Ovis aries*) jasně preferovaly obličeje proti geometrickým obrazcům a zdá se, že rozpoznávání obličejů dalších ovcí je pro sociální interakci mezi nimi důležité (Kendrick et al. 1996). U ptáků neexistují jasné důkazy, které teorii o holistickém vnímání vyvrací. Obecně se míní, že ptáci užívají mimo jiné i vlastní specifický ptačí pohled z výšky, který jim umožňuje přesné rozpoznání kořisti či predátora za letu (Soto a Wasserman 2014). Ptačí schopnost vnímat obličeje byla nalezena v několika studiích, například u vran černých (*Corvus corone*) (Brecht et al. 2017). Berg (2014) ve své studii porovnával kognitivní schopnosti lidí a holubů domácích (*Columba livia domestica*). Lidé byli nepřekvapivě ve všech úlohách lepší a rychlejší než holubi. Ti se však v přesnosti rozpoznávání stimulu zlepšovali graduálně. Autor nicméně v diskusi uvažuje o podobnostech mezi lidmi a holuby a tvrdí, že holubi preferují holistické vnímání před analytickým.

Relativně rozšířené jsou kupodivu studie o bezobratlých živočiších. Několik prací o vosících (*Polistes fuscatus*) deklaruje, že rozpoznávají ostatní jedince svého druhu nebo blízce příbuzné individuálně na základě obličejů. Tyto obličeje rozpoznali lépe než jiné objekty či různě pozměněné obličeje. Zajímavostí této studie je, že užití invertovaných obličejů vosíkům nedělalo problémy, neboť vosíci se s invertovanými „kolegy“ potkávají velmi často (Sheehan a Tibbetts 2011; Tibbetts et al. 2019). Rozpoznání lidských obličejů po tréninku bylo úspěšné u vos obecných (*Vespula vulgaris*) i včel medonosných (*Apis mellifera*) (Avarguès-Weber et al. 2018). U včely medonosné autoři uvažují také o částečném holistickém vnímání při rozpoznávání květin (vůně, barva). Navíc se domnívají, že velikost mozku pro tento typ vnímání nehraje roli (Avarguès-Weber et al. 2018). Individuální rozpoznání soupeřů dle obličejové oblasti při soubojích raků ničivých (*Cherax destructor*) otevírá debatu nad vnímáním vizuálních stimulů u spíše solitérních druhů zvířat (Van der Velden et al. 2008).

Když se zaměříme na používané behaviorální úlohy, můžeme vidět velmi nevyvážené výsledky. Kompozitní efekt byl zjištěn například u chápanů středoamerických (Taubert a Parr 2009) a šimpanzů učenlivých (Parr et al. 2006). Takzvané „thatcherování“ obličeje a jeho následné převrácení bylo testováno dokonce i u šimpanzů učenlivých (**obr. 6**) (Weldon et al. 2013) nebo makaků rhesus (Adachi et al. 2009) či kotulů veverovitých (*Saimiri sciureus*) (Nakata a Osada 2012). Ve všech těchto studiích byl slabší či silnější „Thatcher efekt“ také přítomný. Inverzní efekt byl prokázán u šimpanzů (Tomonaga 1999) a dokonce i inverzní efekt šimpanzích těl (Gao a Tomonaga 2018). Avšak u tamarinů pinčích (*Saguinus oedipus*) (Weiss et al. 2000) či vran černých (Brecht et al. 2017) se inverzní efekt nepodařilo

prokázat. Citlivost na „part-whole“ jev projevily v experimentu vosy obecné a včely medonosné (Avarguès-Weber et al. 2018).



Obr. 6: normální šimpanzí obličej (levý sloupec) a „zthatcherování“ šimpanzího obličeje (pravý sloupec) (převzato a upraveno z Weldon et al. 2013)

Jak se shoduje vícero autorů, studujících kognitivní schopnosti živočichů a člověka, evoluce holistického vnímání je spíše indukována ekologickými a sociálními vlivy. Substrát pro holistické vnímání se může vyvinout v kterémkoliv mozku, pokud je výhodné rozpoznávat komplexní vizuální stimuly rychle a přesně (Avarguès-Weber et al. 2018; Burke a Sulikowski 2013; Tibbetts et al. 2019; Zebrowitz 2011). Nová definice holistického vnímání dle McKone a Yovel (2009) se dle mého názoru nemusí omezovat pouze na vnímání lidského obličeje a jeho typické konfigurace. Vnímání různých orientačních bodů zpřístupňuje nový náhled na vnímání obličejů zvířat. Pokud by zvířata vnímala skutečně holisticky, jistě by jim to velmi pomáhalo při antipredačním chování či detekci neznámých objektů. Už jen ze studií doložené výrazné zrychlení rozpoznávání (Taubert et al. 2011), díky tomuto typu holistického přístupu, by přineslo zvířatům obrovské benefity ve vnímání okolního světa.

5. Závěr

Obličeje jsou specifické tím, že z nich můžeme rychle vyčíst spoustu informací. Nejen samotnou strukturu či vzhled, ale i věk, pohlaví, atraktivitu, identitu apod. V neposlední řadě je pro nás obličej zdrojem mnoha gest, emocí a dalších projevů. Podle starších představ to umožňovalo jeho konfigurační vnímání. Výsledky behaviorální experimentů však přinášely doklady, že všechny aspekty rozpoznávání obličejů nelze čistě konfiguračním vnímáním vysvětlit. Postupně byla proto vytvořena holistická teorie vnímání obličejů, která je definovala jako propojení komponentů i jejich konfigurace v celek.

Hlavní důkazy poskytly tři behaviorální úlohy: „part-whole“, inverzní a kompozitní úloha. Tyto úlohy nejsou vždy ideální a každá poskytuje prostor k různým technickým modifikacím, aby se zamezilo různým individuálním strategiím pokusných subjektů. Zároveň výsledky těchto úloh často zkreslovala nestejná obtížnost stimulů nebo nevhodně zvolené úpravy komponentů. Nicméně všechny veskrze potvrdily důležitost celkovosti pro vnímání obličejů. První ukazuje, že konkrétní dílčí komponenty obličeje rozpoznáme snadněji jsou-li přítomny v jeho kontextu, druhá, že rozpoznávání obličejů negativně ovlivňují jak manipulace s komponenty, tak i s jejich konfigurací. Kompozitní úloha pak dokládá, že nejsme schopni vnímat dílčí části obličeje samostatně. Člověk se tedy nespolehá pouze na komponenty nebo konfiguraci, ale vnímá tyto dvě základní charakteristiky obličeje zároveň. Recentně se uvažuje, že v kontextu nové definice teorie holistického vnímání obličejů nejsou důležité jen klíčové dílčí komponenty a jejich konfigurace, ale i různé orientační body v rámci celého obličeje. Schopnost holistického vnímání člověk získává již okolo 4-5 roku života.

Užití holistického vnímání jiných objektů, než jsou obličeje, není vyvráceno, ale ani jasně doloženo. Pokud objekt splňuje podmínky pro holistické vnímání a má s ním subjekt předešlou zkušenost, je pro něj velmi výhodné ho takto vnímat. Specifická rozpoznávání obličejů u zvířat se víceméně potvrdilo. Některé experimenty provedené s bezobratlými živočichy přinesly velmi překvapivá zjištění a podpořily důležitost obličejů pro živočichy. Například náš nejbližší příbuzný šimpanz učenlivý obstál ve většině behaviorálních úloh. Je tedy evidentní, že nelze striktně nazvat člověka jako jediného možného nositele holistického vnímání. Je ale jisté, že právě člověk se stal díky tomuto typu vnímání expertem na rozpoznávání obličejů. Pokud by zvířata využívala skutečně holistické vnímání, pozitivně by to ovlivnilo jejich rychlost a přesnost rozpoznávání okolí. Pokračování v komparativních studiích o vnímání obličejů či jiných objektů člověkem a zvířaty by mohlo rozklíčovat mechanismy, funkce a evoluční aspekty tohoto tématu kognitivní etologie.

Ve své práci podrobně rozebírám behaviorální studie sloužící k získání dokladů o existenci holistického vnímání s cílem pokusit se je následně modifikovat pro testování netrénovaných živočichů, konkrétně ptáků v terénních i laboratorních experimentech.

6. Seznam použité literatury

- Adachi, Ikuma, Dina P. Chou, a Robert R. Hampton. 2009. „Thatcher Effect in Monkeys Demonstrates Conservation of Face Perception across Primates". *Current Biology* 19(15):1270–73.
- Ashworth, Alan R. S., Quoc C. Vuong, Bruno Rossion, a Michael J. Tarr. 2008. „Recognizing rotated faces and Greebles: What properties drive the face inversion effect?" *Visual Cognition* 16(6):754–84.
- Avarguès-Weber, Aurore, Daniele D’Amaro, Marita Metzler, Valerie Finke, David Baracchi, a Adrian G. Dyer. 2018. „Does Holistic Processing Require a Large Brain? Insights From Honeybees and Wasps in Fine Visual Recognition Tasks". *Frontiers in Psychology* 9.
- Barton, Jason J. S., Julian P. Keenan, a Trevor Bass. 2001. „Discrimination of spatial relations and features in faces: Effects of inversion and viewing duration". *British Journal of Psychology* 92(3):527–49.
- Van Belle, G., P. De Graef, K. Verfaillie, B. Rossion, a P. Lefevre. 2010. „Face inversion impairs holistic perception: Evidence from gaze-contingent stimulation". *Journal of Vision* 10(5):10–10.
- Bentin, Shlomo, Truett Allison, Aina Puce, Erik Perez, a Gregory McCarthy. 1996. „Electrophysiological studies of face perception in humans". *Journal of Cognitive Neuroscience* 8(6):551–65.
- Berg, Mark E., Matthew D. Ward, Zhijie Dai, Joana Arantes, a Randolph C. Grace. 2014. „Comparing performance of humans and pigeons in rule-based visual categorization tasks". *Learning and Motivation* 45(1):44–58.
- Bilalic, M., R. Langner, R. Ulrich, a W. Grodd. 2011. „Many Faces of Expertise: Fusiform Face Area in Chess Experts and Novices". *Journal of Neuroscience* 31(28):10206–14.
- Bindemann, Markus, A. Mike Burton, a Rob Jenkins. 2005. „Capacity limits for face processing". *Cognition* 98(2):177–97.
- Boutet, Isabelle a Avi Chaudhuri. 2001. „Multistability of overlapped face stimuli is dependent upon orientation". *Perception* 30(6):743–53.
- Boutet, Isabelle a Avi Chaudhuri. 2002. „The influence of attention on face and object recognition". *Cognition* 84:321–41.
- Boutet, Isabelle a Jocelyn Faubert. 2006. „Recognition of faces and complex objects in younger and older adults". *Memory and Cognition* 34(4):854–64.

- Brecht, Katharina F., Lysann Wagener, Ljerka Ostojić, Nicola S. Clayton, a Andreas Nieder. 2017. „Comparing the face inversion effect in crows and humans". *Journal of Comparative Physiology A: Neuroethology, Sensory, Neural, and Behavioral Physiology* 203(12):1017–27.
- Bruce, Vicki a Andy Young. 1986. „Understanding face recognition". *British Journal of Psychology* 77(3):305–27.
- Bruyer, Raymond a Geneviève Crispeels. 1992. „Expertise in person recognition". *Bulletin of the Psychonomic Society* 30(6):501–4.
- Burke, Darren a Danielle Sulikowski. 2013. „The evolution of holistic processing of faces". *Frontiers in Psychology* 4(JAN):1–10.
- Busigny, Thomas a Bruno Rossion. 2010. „Acquired prosopagnosia abolishes the face inversion effect". *Cortex* 46(8):965–81.
- Campbell, Alison a James W. Tanaka. 2018. „Inversion Impairs Expert Budgerigar Identity Recognition: A Face-Like Effect for a Nonface Object of Expertise". *Perception* 47(6):647–59.
- Carey, Susan. 1992. „Becoming a face expert". *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B* Jan 29(335):95–103.
- Carey, Susan a Rhea Diamond. 1994. „Are Faces Perceived as Configurations More By Adults than by Children?" *Visual Cognition* 1(2–3):253–74.
- Cheung, Olivia S., Jennifer J. Richler, Thomas J. Palmeri, a Isabel Gauthier. 2008. „Revisiting the Role of Spatial Frequencies in the Holistic Processing of Faces". *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance* 34(6):1327–36.
- Chua, Kao-Wei, Jennifer J. Richler, a Isabel Gauthier. 2015. „Learned attention to parts results in holistic processing." *Journal of Experimental Psychology: General* 144(4):723–29.
- Collishaw, Stephan M. a Graham J. Hole. 2000. „Featural and configurational processes in the recognition of faces of different familiarity". *Perception* 29(8):893–909.
- Crookes, Kate a Elinor McKone. 2009. „Early maturity of face recognition: No childhood development of holistic processing, novel face encoding, or face-space". *Cognition* 111(2):219–47.
- Curby, Kim M., Kuba Glazek, a Isabel Gauthier. 2009. „A Visual Short-Term Memory Advantage for Objects of Expertise". *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance* 35(1):94–107.
- Curby, Kim M., Mengjie Huang, a Denise Moerel. 2019. „Multiple paths to holistic processing: Holistic processing of Gestalt stimuli do not overlap with holistic face processing in the same manner as do objects of expertise". *Attention, Perception, and Psychophysics* 81(3):716–26.

- Curby, Kim M. a Denise Moerel. 2019. „Behind the face of holistic perception: Holistic processing of Gestalt stimuli and faces recruit overlapping perceptual mechanisms". *Attention, Perception, & Psychophysics*.
- Davidoff, Jules a Nick Donnelly. 1990. „OBJECT SUPERIORITY: A COMPARISON AND PART PROBES". *Acta Psychologica* 73:225–43.
- Dekowska, Monika, Michał Kuniecki, a Piotr Jaśkowski. 2008. „Facing facts: Neuronal mechanisms of face perception". *Acta Neurobiologiae Experimentalis* 68(2):229–52.
- Diamond, Rhea a Susan Carey. 1986. „Why Faces Are and Are Not Special. An Effect of Expertise". *Journal of Experimental Psychology: General* 115(2):107–17.
- Donnelly, Nick a Jules Davidoff. 1999. „The mental representations of faces and houses: Issues concerning parts and wholes". *Visual Cognition* 6(3–4):319–43.
- Farah, M. 1992. „Is an Object an Object an Object? Cognitive and Neuropsychological Investigations of Domain Specificity in Visual Object Recognition". *Current Directions in Psychological Science* 1(5):164–69.
- Farah, M. a James W. Tanaka. 1998. „What is Special about Face Recognition?" *Psychological Review* 105(3):555–604.
- Farah, Martha J., Kevin D. Wilson, H. Maxwell Drain, a James R. Tanaka. 1995. „The inverted face inversion effect in prosopagnosia: Evidence for mandatory, face-specific perceptual mechanisms". *Vision Research* 35(14):2089–93.
- Freire, Alejo, Kang Lee, a Lawrence A. Symons. 2000. „The face-inversion effect as a deficit in the encoding of configural information: Direct evidence". *Perception* 29(2):159–70.
- Fur, Nicholas, Lúcia Garrido, Raymond J. Dolan, Jon Driver, a Bradley Duchaine. 2011. „Fusiform gyrus face selectivity relates to individual differences in facial recognition ability". *Journal of Cognitive Neuroscience* 23(7):1723–40.
- Galton, Francis. 1878. „Composite Portraits, Made by Combining Those of Many Different Persons Into a Single Resultant Figure." *The Journal of the Anthropological Institute of Great Britain and Ireland* 8(1879):132.
- Gao, Jie a Masaki Tomonaga. 2018. „The body inversion effect in chimpanzees (*Pan troglodytes*)". *PLoS ONE* 13(10).
- Gauthier, I., P. Williams, M. J. Tarr, a J. Tanaka. 1998. „Training ‘ greeble ’ experts a framework for studying expert object recognition processes.pdf". *Vision Research* 38:2401–28.
- Gauthier, Isabel a Cindy Bukach. 2007. „Should we reject the expertise hypothesis?" *Cognition* 103(2):322–30.

- Gauthier, Isabel a Michael J. Tarr. 1997. „Becoming a ‚Greeble‘ expert: Exploring mechanisms for face recognition". *Vision Research* 37(12):1673–82.
- Goffaux, Valérie a Bruno Rossion. 2007. „Face Inversion Disproportionately Impairs the Perception of Vertical but not Horizontal Relations Between Features". *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance* 33(4):995–1002.
- Le Grand, Richard, Catherine J. Mondloch, Daphne Maurer, Henry P. Brent, a Grand Catherine. 2004. „Impairment in holistic face Processing Following early Visual Deprivation". *Society* 15(11):762–68.
- Hochberg, Julian a Ruth Ellen Galper. 1967. „Recognition of faces: I. An exploratory study". *Psychonomic Science* 9(12):619–20.
- Hole, Graham J. 1994. „Configurational factors in the perception of unfamiliar faces." *Perception* 23(1):65–74.
- Joseph, Robert M. a James Tanaka. 2003. „Holistic and part-based face recognition in children with autism". *Journal of Child Psychology and Psychiatry and Allied Disciplines* 44(4):529–42.
- Kanwisher, Nancy a Galit Yovel. 2006. „The fusiform face area: A cortical region specialized for the perception of faces". *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 361(1476):2109–28.
- Kendrick, Keith M., Khia Atkins, Michael R. Hinton, Paul Heavens, a Barry Keverne. 1996. „Are faces special for sheep? Evidence from facial and object discrimination learning tests showing effects of inversion and social familiarity". *Behavioural Processes* 38(1):19–35.
- Leder, Helmut a Vicki Bruce. 2000. „When inverted faces are recognized: The role of configural information in face recognition". *Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A: Human Experimental Psychology* 53(2):513–36.
- Leder, Helmut, Gian Candrian, Oswald Huber, a Vicki Bruce. 2001. „Configural features in the context of upright and inverted faces". *Perception* 30(1):73–83.
- Leder, Helmut a Claus Christian Carbon. 2006. „Face-specific configural processing of relational information". *British Journal of Psychology* 97(1):19–29.
- Leopold, David A. a Gillian Rhodes. 2010. „A Comparative view of face perception". *Journal of Comparative Psychology* 124(3):233–51.
- Maurer, Daphne, Richard Le Grand, a Catherine J. Mondloch. 2002. „The many faces of configural processing". *Trends in Cognitive Sciences* 6(6):255–60.
- McKone, E., Kate Crookes, a Nancy Kanwisher. 2009. „The Cognitive and Neural Development of Face Recognition in Humans". *B. Cogn. Neurosci.* 38.

- McKone, E. a Rachel Robbins. 2011. „Are faces special?" S. 149–76 in *The Oxford handbook of face perception*, editoval A. Calder, G. Rhodes, J. V Haxby, a M. H. Johnson. New York: Oxford University Press.
- McKone, Elinor. 2008. „Configural Processing and Face Viewpoint". *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance* 34(2):310–27.
- McKone, Elinor, Paolo Martini, a Ken Nakayama. 2001. „Categorical perception of face identity in noise isolates configural processing". *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance* 27(3):573–99.
- McKone, Elinor a Galit Yovel. 2009. „Why does picture-plane inversion sometimes dissociate perception of features and spacing in faces, and sometimes not? toward a new theory of holistic processing". *Psychonomic Bulletin and Review* 16(5):778–97.
- Minnebusch, Denise A., Boris Suchan, a Irene Daum. 2009. „Losing your head: Behavioral and electrophysiological effects of body inversion". *Journal of Cognitive Neuroscience* 21(5):865–74.
- Mohr, Sarah, Anxu Wang, a Andrew D. Engell. 2018. „Early identity recognition of familiar faces is not dependent on holistic processing". *Social Cognitive and Affective Neuroscience* 13(10):1019–27.
- Mondloch, Catherine J., Richard Le Grand, a Daphne Maurer. 2002. „Configural face processing develops more slowly than featural face processing". *Perception* 31(5):553–66.
- Mondloch, Catherine J. a Daphne Maurer. 2008. „The effect of face orientation on holistic processing". *Perception* 37(8):1175–86.
- Moscovitch, Morris, Gordon Winocur, a Marlene Behrmann. 1997. „What is special about face recognition? Nineteen experiments on a person with visual object agnosia and dyslexia but normal face recognition". *Journal of Cognitive Neuroscience* 9(5):555–604.
- Murray, Janice E., Esther Yong, a Gillian Rhodes. 2000. „REVISITING THE PERCEPTION OF UPSIDE-DOWN FACES". *Psychological Science* 11(6):492–96.
- Nakata, Ryuzaburo, Satoshi Eifuku, a Ryoji Tamura. 2018. „Crucial information for efficient face searching by humans and Japanese macaques". *Animal Cognition* 21(1):155–64.
- Nakata, Ryuzaburo a Yoshihisa Osada. 2012. „The Thatcher illusion in squirrel monkeys (*Saimiri sciureus*)". *Animal Cognition* 15(4):517–23.
- Di Oleggio Castello, Matteo Visconti, Kelsey G. Wheeler, Carlo Cipolli, a M. Ida Gobbini. 2017. „Familiarity facilitates feature-based face processing". *PLoS ONE* 12(6):1–14.
- Olk, Bettina a Andrea M. Garay-Vado. 2011. „Attention to faces: Effects of face inversion". *Vision Research* 51(14):1659–66.

- Parr, Lisa A. 2011. „The evolution of face processing in primates". *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 366(1571):1764–77.
- Parr, Lisa A., Matthew Heintz, a Unoma Akamagwuna. 2006. „Three studies on configural face processing by chimpanzees". *Brain and Cognition* 62(1):30–42.
- Pascalis, Olivier, Scania de Schonen, John Morton, Christine Deruelle, a Marie Fabre-Grenet. 1995. „Mother's face recognition by neonates: A replication and an extension". *Infant Behavior and Development* 18(1):79–85.
- Psalta, Lilia, A. W. Young, Peter Thompson, a T. J. Andrews. 2014. „Orientation-sensitivity to facial features explains the Thatcher illusion". *Journal of Vision* 14(12):9–9.
- Reed, Catherine L., Valerie E. Stone, Senia Bozova, a James Tanaka. 2003. „THE BODY-INVERSION EFFECT". *Psychological Science* 14(4):302–8.
- Rezlescu, Constantin, Tirta Susilo, Angus Chapman, a Alfonso Caramazza. 2017. „Large inversion effects are not specific to faces and do not vary with object expertise". *Journal of Vision* 17(10):250.
- Rezlescu, Constantin, Tirta Susilo, Jeremy B. Wilmer, a Alfonso Caramazza. 2017. „The inversion, part-whole, and composite effects reflect distinct perceptual mechanisms with varied relationships to face recognition". *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance* 43(12):1961–73.
- Rhodes, Gillian, Susan Brake, a Anthony P. Atkinson. 1993. „What's lost in inverted faces?" *Cognition* 47(1):25–57.
- Rhodes, Gillian a Romina Palermo. 2002. „The influence of divided attention on holistic face perception." *Cognition* 82(3):225–57.
- Richler, Jennifer J. a I. Gauthier. 2014. „A Meta-Analysis and Review of Holistic Face Processing". *Psychological Bulletin* 140(5):1281–1302.
- Riesenhuber, Maximilian, Izzat Jarudi, Sharon Gilad, a Pawan Sinha. 2004. „Face processing in humans is compatible with a simple shape-based model of vision". *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 271(SUPPL. 6).
- Robbins, Rachel a Elinor McKone. 2003. „Can holistic processing be learned for inverted faces?" *Cognition* 88(1):79–107.
- Rossion, B., I. Gauthier, M. J. Tarr, P. Despland, R. Bruyer, S. Linotte, a M. Crommelinck. 2003. „The N170 occipito-temporal component is delayed and enhanced to inverted faces but not to inverted objects". *NeuroReport* 11(1):69–72.

- Rossion, Bruno. 2008. „Picture-plane inversion leads to qualitative changes of face perception". *Acta Psychologica* 128(2):274–89.
- Rossion, Bruno. 2009. „Distinguishing the cause and consequence of face inversion: The perceptual field hypothesis". *Acta Psychologica* 132(3):300–312.
- Schultz, Robert T., Isabel Gauthier, Ami Klin, Robert K. Fulbright, Adam W. Anderson, Fred Volkmar, Pawel Skudlarski, Cheryl Lacadie, Donald J. Cohen, a John C. Gore. 2000. „Abnormal ventral temporal cortical activity during face discrimination among individuals with autism and Asperger syndrome". *Archives of General Psychiatry* 57(4):331–40.
- Seitz, Katja. 2002. „Parts and wholes in person recognition: Developmental trends". *Journal of Experimental Child Psychology* 82(4):367–81.
- Sekunova, Alla a Jason J. S. Barton. 2008. „The Effects of Face Inversion on the Perception of Long-Range and Local Spatial Relations in Eye and Mouth Configuration". *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance* 34(5):1129–35.
- Sheehan, Michael J. a Elizabeth A. Tibbetts. 2011. „Specialized face learning is associated with individual recognition in paper wasps". *Science* 334(6060):1272–75.
- Shettleworth, S. J. 2010. *Cognition, evolution, and behavior*. Oxford: Oxford University Press.
- Soto, Fabian A. a Edward A. Wasserman. 2014. „Mechanisms of object recognition: what we have learned from pigeons". *Frontiers in Neural Circuits* 8(October):1–22.
- Sunday, Mackenzie A., Jennifer J. Richler, a Isabel Gauthier. 2017. „Limited evidence of individual differences in holistic processing in different versions of the part-whole paradigm". *Attention, Perception, and Psychophysics* 79(5):1453–65.
- Tanaka, J. a Gauthier, I. 1997. „Expertise in object and face recognition." S. 83-125 in *The psychology of learning and motivation*, editoval R. L. Goldstone, D. L. Medin, & P. G. San Diego, CA, US: Academic Press.
- Tanaka, James W. a Martha J. Farah. 1993. „Parts and Wholes in Face Recognition". *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A* 46(2):225–45.
- Tanaka, James W. a Iris Gordon. 2011. „Features, configuration, and holistic face processing." S. 177–94 in *The Oxford handbook of face perception*, editoval A. J. Calder, G. Rhodes, M. H. Johnson, a J. V. Haxby. New York: Oxford University Press.
- Tanaka, James W., Martha D. Kaiser, Simen Hagen, a Lara J. Pierce. 2014. „Losing face: Impaired discrimination of featural and configural information in the mouth region of an inverted face". *Attention, Perception, and Psychophysics* 76(4):1000–1014.

- Tanaka, James W. a Joseph A. Sengco. 1997. „Features and their configuration in face recognition". *Memory and Cognition* 25(5):583–92.
- Tanaka, James W. a Diana Simonyi. 2016. „The “parts and wholes” of face recognition: A review of the literature". *Quarterly Journal of Experimental Psychology* 69(10):1876–89.
- Taubert, Jessica, Deborah Apthorp, David Aagten-Murphy, a David Alais. 2011. „The role of holistic processing in face perception: Evidence from the face inversion effect". *Vision Research* 51(11):1273–78.
- Taubert, Jessica a Lisa A. Parr. 2009. „Visual expertise does not predict the composite effect across species: A comparison between spider (*Ateles geoffroyi*) and rhesus (*Macaca mulatta*) monkeys". *Brain and Cognition* 71(3):187–95.
- Taylor, Marjorie a James W. Tanaka. 1991. „Object Categories and Expertise: Is the Basic Level in the Eye of the Beholder?" *Cognitive Psychology* 23(3):457–82.
- Thompson, P. 1980. „Margaret Thatcher: A new illusion". *Perception* 9(4):483–84.
- Tibbetts, Elizabeth A., John Den Uyl, Madeleine Dwortz, a Cailin McLean. 2019. „The development and evolution of specialized face learning in paper wasps". *Animal Behaviour* 147:1–7.
- Tomonaga, Masaki. 1999. „Inversion effect in perception of human faces in a chimpanzee (*Pan troglodytes*)". *Primates* 40(3):417–38.
- Tomonaga, Masaki a Tomoko Imura. 2015. „Efficient search for a face by chimpanzees (*Pan troglodytes*)". *Scientific Reports* 5:1–12.
- Towler, John, Katie Fisher, a Martin Eimer. 2018. „Holistic face perception is impaired in developmental prosopagnosia". *Cortex* 108:112–26.
- Valentine, Tim. 1988. „Upside-down faces: A review of the effect of inversion upon face". *British Journal of Psychology* 79(4):471–91.
- Van der Velden, Joanne, Ying Zheng, Blair W. Patullo, a David L. Macmillan. 2008. „Crayfish recognize the faces of fight opponents". *PLoS ONE* 3(2).
- Weiner, Kevin S. a Kalanit Grill-Spector. 2013. „Neural representations of faces and limbs neighbor in human high-level visual cortex: Evidence for a new organization principle". *Psychological Research* 77(1):74–97.
- Weiss, Daniel J., Jerald D. Kralik, a Marc D. Hauser. 2000. „Face processing in cotton-top tamarins (*Saguinus oedipus*)". *Animal Cognition* 3(4):191–205.

- Weldon, Kimberly B., Jessica Taubert, Carolyn L. Smith, and Lisa A. Parr. 2013. „How the Thatcher illusion reveals evolutionary differences in the face processing of primates". *Animal Cognition* 16(5):691–700.
- Wong, Yetta K., Jonathan R. Folstein, and Isabel Gauthier. 2012. „The nature of experience determines object representations in the visual system". *Journal of Experimental Psychology: General* 141(4):682–98.
- Yin, Robert K. 1969. „Looking at upside-down faces". *Journal of Experimental Psychology* 81(1):141–45.
- Young, Andrew W., Deborah Hellawell, and Dennis C. Hay. 1987. „Configurational information in face processing". *Perception* 16(November):747–59.
- Yovel, Galit and Brad Duchaine. 2006. „Specialized face perception mechanisms extract both part and spacing information: Evidence from developmental prosopagnosia". *Journal of Cognitive Neuroscience* 18(4):580–93.
- Yovel, Galit and Nancy Kanwisher. 2004. „Face perception: Domain specific, not process specific". *Neuron* 44(5):889–98.
- Yovel, Galit and Nancy Kanwisher. 2005. „The neural basis of the behavioral face-inversion effect". *Current Biology* 15(24):2256–62.
- Yovel, Galit, Tatiana Pelc, and Ida Lubetzky. 2010. „It's All in Your Head: Why Is the Body Inversion Effect Abolished for Headless Bodies?"
- Yovel, K. and Kanwisher. 2009. „The representations of spacing and part-based information are associated for upright faces but dissociated for objects: Evidence from individual differences". *October* 15(5):933–39.
- Zebrowitz, Leslie A. 2011. „Ecological and Social Approaches to Face Perception". S. 57–76 in *The Oxford handbook of face perception*, edited by A. Calder, G. Rhodes, M. Johnson, and J. V. Haxby. New York: Oxford University Press.