

18

UMĚNÍ A (NEURO)VĚDA

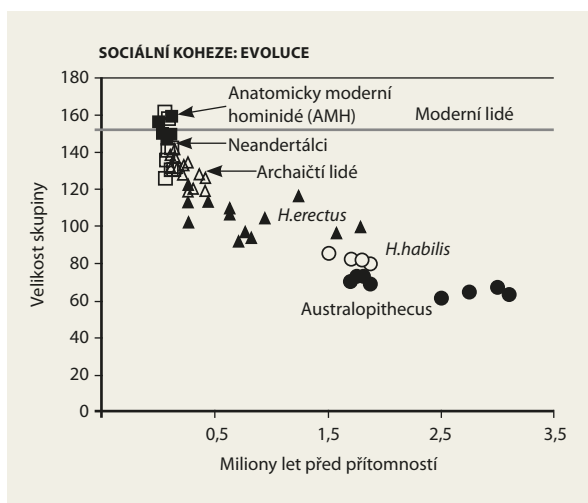
Cyril Höschl, Filip Španiel

SOCIÁLNÍ MOZEK

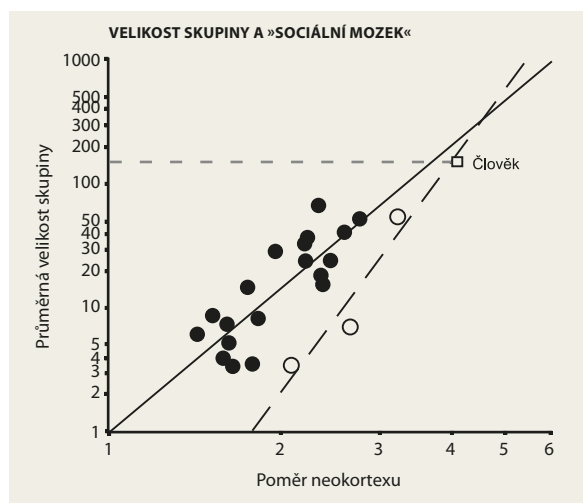
Z neuropsychologického hlediska můžeme lidský mozek také chápat jako stroj na kauzalitu ($A \rightarrow B$), symetrii (oproti asymetrii), konsonanci (proti disonanci), harmonii (proti disharmonii), slast (proti ohrožení, averzi), pravidelnost (oproti nepravidelnosti) aj. Zdá se, že neokortex (vývojově nejmladší část mozkové kůry), jehož mohutným rozvojem se člověk odlišuje od většiny ostatních živočišných druhů, není ani tak výsledkem chůze po zadních a uvolnění rukou pro práci, jako spíše důsledkem narůstajícího počtu jedinců v sociálních skupinách. Z tohoto hlediska by se neokortex dal chápat jakožto sociální mozek, který sice souvisí s myslí a jazykem, ale prvotně zejména s rozvojem sociálních skupin. Na základě neuroanatomických a archeologických souvislostí lze předpokládat, že velikost sociálních skupin primátů a hominidů v posledních 3 milionech let narůstala, přičemž tento nárůst se za posledních půl milionu let dramaticky zrychlil⁽¹⁾ (obr. 18.1.). Přitom se

zdá, že velikost skupin je přímo úměrná velikosti »sociálního mozku« (obr. 18.2.). Za sociální skupinu považujeme množinu jedinců, kteří se mezi sebou vzájemně rozpoznávají jakožto jednotlivci.

U lidí lze za takovou skupinu považovat množinu jedinců, jejichž adresy máme v adresáři nebo telefonní čísla ve svém mobilním telefonu. Velikost takové skupiny je u lidí v současném světě zhruba 150–200. Sociální koheze skupin je u primátů a hominidů udržována především opečováváním, »groomingem« (obr. 18.3.). Je logické, že s rostoucí velikostí skupiny narůstá také časová náročnost groomingu, který slouží jako »sociální lepidlo«. Čím větší počet jedinců je nutno opečovat v zájmu koheze skupiny, tím větší čas denní doby je třeba pro grooming alokovat. To nelze donekonečna, protože narůstající časová proporce a investice do groomingu začne vytěšňovat jiné, pro život důležité aktivity, jako je obživa, reprodukce, teritorialita, boj s přirozenými nepřáteli apod. Zdá se, že maximální únosná doba, kterou je možno beztravně se věnovat groomingu, činí cca 30% denní doby.



Obr. 18.1. Vývoj sociálních skupin primátů a hominidů v čase.⁽¹⁾ BP = před přítomností; AMH = anatomicky moderní lidé

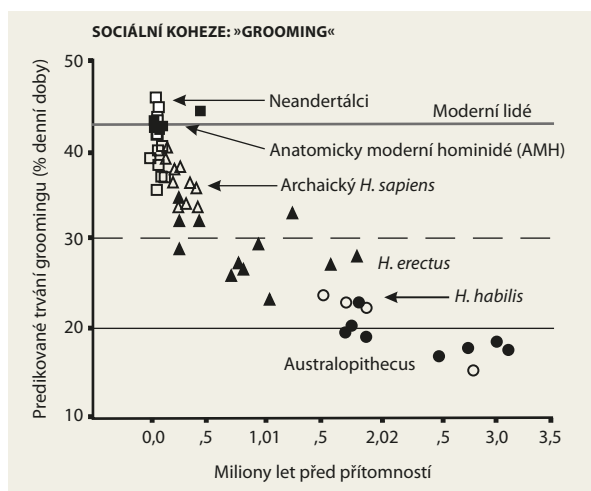


Obr. 18.2. Vztah velikosti skupiny a sociálního mozku.⁽¹⁾ Hominiidé = prázdné kruhy, další primáti = plné kruhy



Obr. 18.3. Grooming u primátů

Mnohé nálezy svědčí pro to, že s rostoucí velikostí skupin byla tato doba překročena zhruba před půl milionem let (obr. 18.4.). To byla ve vývoji hominidů doba, kdy velikost skupiny kladla na sociální kohezi nároky, které grooming již nemohl zajistit, a vznikl tak zřejmě neobyčejný tlak na rozvoj jiného, účinnějšího »sociálního lepidla«, než je fyzické opečovávání. Máme řadu důvodů předpokládat, že to je právě doba, kdy fyzický grooming byl nahrazen groomingem »sociálním«, jenž byl zajištěn vokalizacemi a jejich modifikací (rytmus, synchronizace, melodie), které byly základem zpěvu. Od vokalizací a jejich modulací je již jen krůček k jazyku. Všimněme si, že přirozený jazyk bezděky přiznává své původní poslání jakožto sociální grooming, mluví-li o »drbech« (drbání, klevety, rumour). Drbat ve smyslu fyzického opečovávání, jak činí primáti a jak

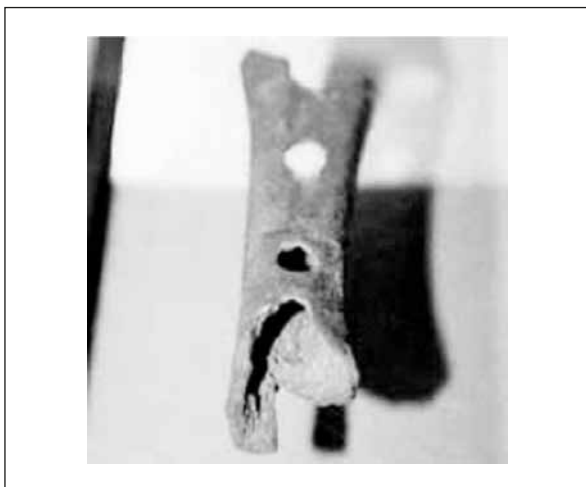
Obr. 18.4. Vývoj doby trvání groomingu u primátů a hominidů⁽¹⁾

můžeme stále ještě vidět v zoologických zahradách, a drbat ve smyslu zdánlivě neužitečné informace, jejímž hlavním cílem není řešení bezprostředního problému, nýbrž udržení sociální skupiny, jsou zřejmě dva vidy téhož. Tuto úlohu jazyka (sociální grooming) zdůrazňoval s použitím krásného příkladu matematik a filozof Jiří Fiala, když správně poukazyval na to, že hlavním úkolem jazyka není přenos důležitých a smysluplných informací. Vyprávěl, jak byl kdysi ve Francii na návštěvě v jedné společnosti, kde prakticky nikoho neznal, a přítomní si tam mezi sebou živě povídali. Když potom večer odcházel, hostitel mu třásl rukou řka: »To jsme si krásně popovídali.« V tomto dojmu mu nebránila skutečnost, že Jiří Fiala údajně za celý večer pronesl pouze tři slova: »Je suis d'accord«. To, čemu tedy lingvisté říkají »communion mutuel«, není vlastně nic jiného než »social grooming«.

VNÍMÁNÍ

Naše vnímání, ať už obrazů, tak zvuků, je ustrojeno tak, že zachycuje kontrasty (rozhraní) a pohyb na klidném pozadí. To je něco z vývojového hlediska nesmírně důležitého, protože zachycení pohybu protivníka, dravce, či kořisti, je z hlediska přežití asi to nejdůležitější. Posadíme-li mezi amplióny nejenom malé dítě, ale i opici a ve stereo uspořádání přemístujeme zdroj zvuku v prostoru, můžeme pozorovat otáčení hlavy ve směru zdroje. To je jedním z příkladů, jak vnímání pracuje na principu kontrastů, na principu odlišení signálu od šumu a popředí od pozadí. Z hlediska vývoje hudby jakožto modulace vokalizací, jež se zřejmě ve vývoji objevily jako vyšší stupeň groomingu, který může obsloužit na jednu celou řadu jedinců, jsou zajímavé archeologické nálezy prvních dochovaných hudebních nástrojů. Tak kostní flétna stará zhruba 50 000 let, z doby středního paleolitu, která byla objevena na neandertálském tábořišti ve Slovinsku a která je zřejmě vyrobena ze stehenní kosti medvědí tlapy, má čtyři otvory. Vzdálenost mezi 2. a 3. otvorem je dvojnásobná oproti vzdálenosti mezi 3. a 4. otvorem, což je v souladu s tvorbou celého tónu, resp. půltónu, a naznačuje, že již tehdy měla stupnice prakticky dnešní podobu⁽²⁾ (obr. 18.5.). Základní hudební formy jsou možná předurčeny neurobiologickým substrátem, který do jisté míry určuje jejich podobu. Staré čínské flétny, které jsou vlastně prvními zcela zachovanými hudebními nástroji, jež se nedávno našly v neolitických nalezištích v Číně a datují se mezi 7000 a 5700 let př. n. l., byly vyrobeny z kostí jeřábů a některé mají osm otvorů ve stejném uspořádání jako dnešní zobcové flétny.

Na mysl, jazyk, hudbu a společnost můžeme tedy nahlížet z evolučního hlediska z jediné perspektivy. Jejich společným jmenovatelem je sociální mozek (mimořádně rozvinutý neokortex). Shrňme-li tedy výše uvedené,

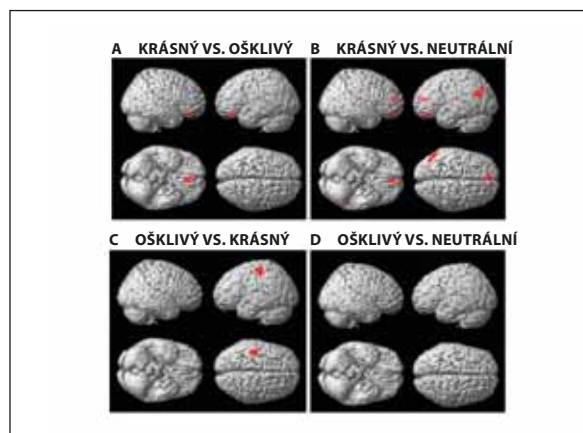


Obr. 18.5. Kostní »flétna« cca 50 000 let stará, z doby středního paleolitu.⁽²⁾ Nález z neandertálského tábořiště ve Slovinsku. Vyrobená zřejmě ze stehenní kosti medvědí tlapy, má čtyři otvory. Vzdálenost mezi druhým a třetím otvorem je dvojnásobná oproti vzdálenosti mezi otvorem třetím a čtvrtým, což je v souladu s tvorbou celého tónu, resp. půltónu

pak zhruba před půl milionem let přesáhla velikost sociálních skupin primátů a hominidů zhruba stovku, což odpovídá nutnosti alokovat více než 30 % času fyzickému groomingu. V té době tedy vzniká tlak na rozvoj jiného kohezního mechanismu, kterým jsou vokalizace. Jejich modulací vzniká prototyp zpěvu, resp. hudby. K tomuto rozvoji »sociálního groomingu« dochází ruku v ruce s rozvojem sociálního mozku (neokortexu) a objevení se dvou jednonukleotidových polymorfismů genu *FOXP2*, který je v této podobě na rozvoj řeči zřejmě vázán. Evoluční stabilita pro rozvoj sociálních skupin tak důležitého sociálního groomingu je zřejmě zajištěna mechanismy libosti (prožitky krásy, slasti, radosti), kterými je opatřen.

KRÁSA

Vnímání krásy je zřejmě podmíněno symetrií s přidáním asymetrie, rytmu s trochou dysrytmie a harmonie s trochou disharmonie. Symetrie je v přírodě symbolem krásy, harmonie, a korelátom dobrého zdraví (fitness); hraje tedy v přírodním výběru důležitou roli. Absolutní symetrie má však v sobě cosi technicky sterilního. Naproti tomu výrazná asymetrie je často projevem nemoci, signalizuje hrozbu, nebezpečí, vede k úniku anebo k obraně. Přitom falešně pozitivní vyhodnocení hrozby se evolučně vyplácí daleko více než falešně negativní podhodnocení rizika. Zdá se, že libostní vyhodnocování drobných odchylek od symetrie, harmonie a rytmicity má své neuronální koreláty, které dnes lze objektivně studovat. Na obr. 18.6., který je převzat z práce Kawabaty a Zekiho,⁽³⁾ je na statistických mapách, nanese-



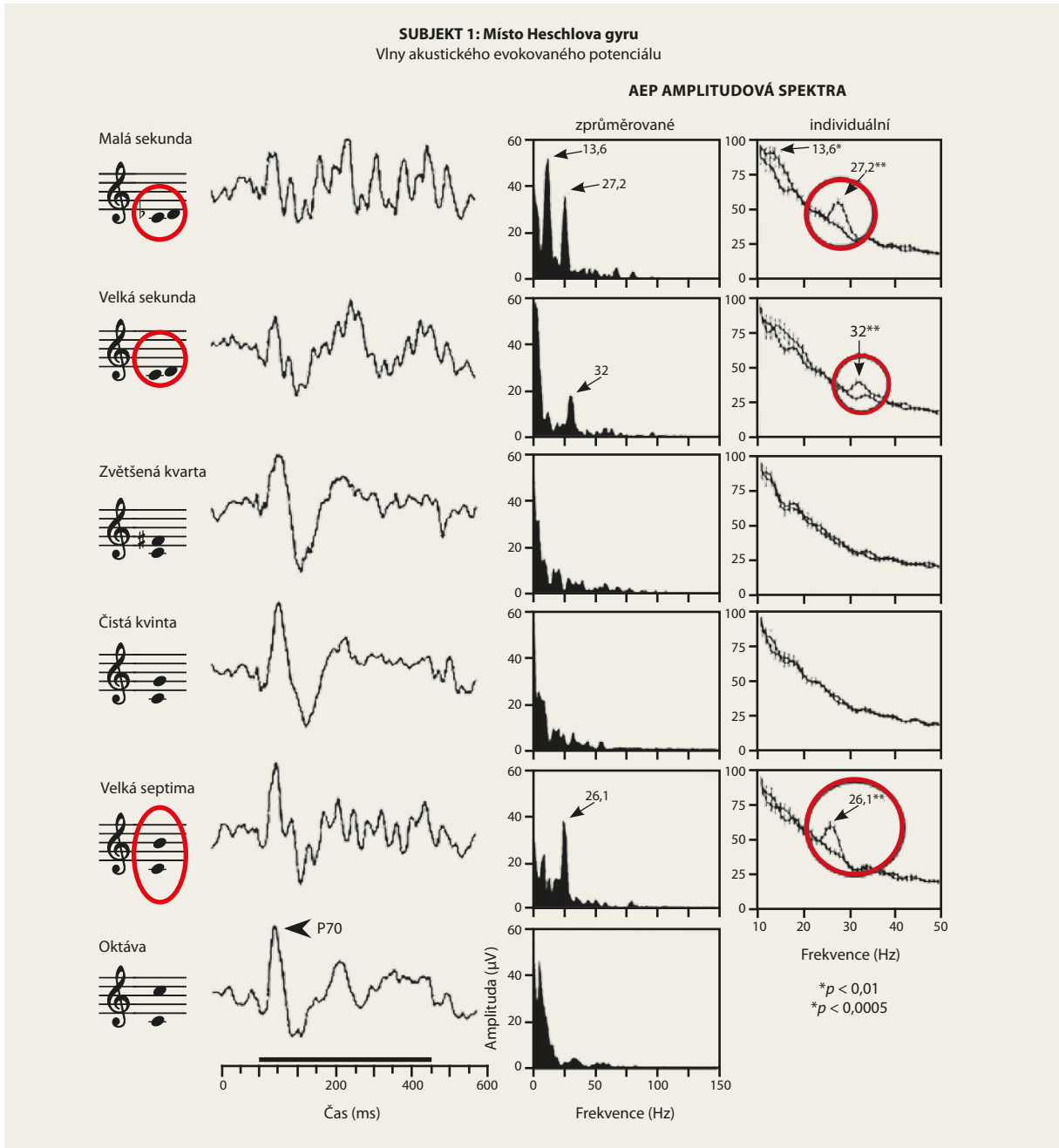
Obr. 18.6. Statistické parametrické mapy renderované na standardní mozek, které ukazují aktivitu specifickou pro rozhodování mezi krásou a ošklivostí (A), krásou a neutrálním pocitem (B), ošklivostí a krásou (C) a ošklivostí a neutrálním pocitem (D) napříč výtvarnými tématy (korigováno, $p < 0,05$).⁽³⁾ A – pouze mediální orbitofrontální kůra, B – mediální orbitofrontální kůra, přední gyrus cinguli a levá parietální kůra, C – somatomotorická kůra oboustranně, D – žádná aktivita na korigované signifikantní úrovni

ných (renderovaných) na standardní mozek s využitím funkční magnetické rezonance (fMRI) vidět aktivita specifická pro rozhodování mezi krásou a ošklivostí, krásou a neutrálním pocitem, ošklivostí a krásou a ošklivostí a neutrálním pocitem. Pokusné osoby nejprve vyhodnocovaly na subjektivní stupnici pocitu, které v nich vyvolávají obrazy, jež jim byly předloženy (ošklivý – neutrální – krásný) a posléze jim byla snímána aktivita mozku s pomocí fMRI za současné expozice týmiž obrazy. Přitom se nerozlišovalo, jde-li o krajinu, zátiší, portrét apod.

Podobně lze dnes již objektivně detekovat neuronální základy konsonance a jejího odlišení od disonance (obr. 18.7.). Na obr. 18.7. je vidět záznam vln akustického evokovaného potenciálu snímaného z Heschlova gyru, při jehož vyhodnocení se proti sobě vynášejí frekvence (Hz) a amplituda (mikroV). Jsou-li pokusná osoba nebo primát exponováni konsonantním akordům (zvětšená kvarta, čistá kvinta, oktáva), obě křivky běží paralelně, zatímco při expozici disonantním intervalům (malá sekunda, velká sekunda, velká septima) dochází k »rezonanci«, která se v elektrofyziologii označuje jako »locked in frequency«.

DEKONSTRUKCE VÝTVARNÉHO UMĚNÍ A HUDBY VE 20. STOLETÍ

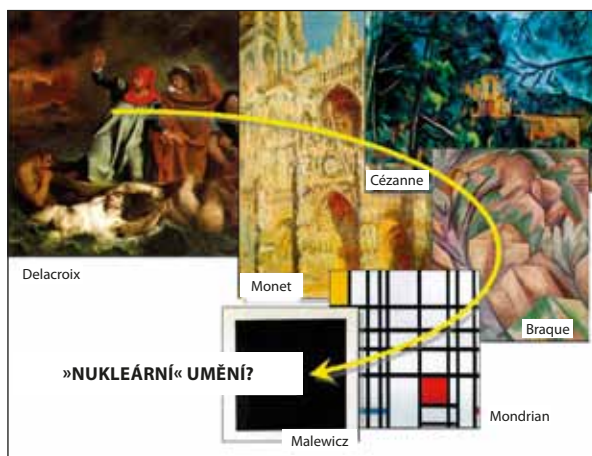
Zdá se, že za posledních 100 000 let vokální a grafické projevy činnosti lidského sociálního mozku nabývaly postupně na složitosti, a to až do konce 19. století. Hudba dosáhla, mj. pod vlivem církevního dogmatu, v Evropě mohutných rozměrů od bachovského baroka



Obr. 18.7. Rozlišení konsonantních a disonantních intervalů. Podle: Fishman et al. 2001⁽⁹⁾

přes mozartovský klasicismus a Beethovena až po dvořákovsko-brahmsovský romantismus. Výtvarné umění se dostalo od gotických madon a religiózní ikonografie přes lovecká zátiší až k realistickým zobrazením bitevních výjevů. Na konci 19. století se však cosi zásadního stalo, co předznamenalo prudkou otočku ve vývoji jak hudby, tak výtvarného umění. Tu třeskutou změnu vyvolaly dva vynálezy: daguerrotyp a fotografie, která vzala výtvarnému umění jeho prominentní úkol zobrazovat skutečnost, a voskový váleček a gramofon, který

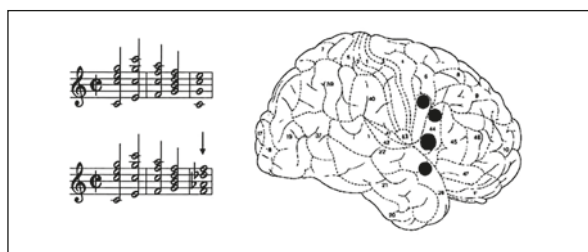
umožnil kopírovat hudební zážitek bez nutnosti aktivního přispění zúčastněných. Zbavena formálních pout, dekonstruovala se hudba 20. století směrem od Wagnera přes Janáčka, Schönberga a Bouleze až k jakési atomární, »nukleární« hudbě a podobně výtvarné umění od romantických pláten Delacroixových přes impresionisty (Moneta, Maneta), Cézanna, Braquea a Mondriana až po op art a Malewicze, které lze chápat jako jakési »nukleární« výtvarné umění (obr. 18.8.).



Obr. 18.8. Příklady dekonstruovaného, » nukleárního « umění

HUDBA A JAZYK

Mnohé neurofyziologické nálezy naznačují, že Brocova oblast souvisí nejenom s řečí, ale také s hudební syntaxí.

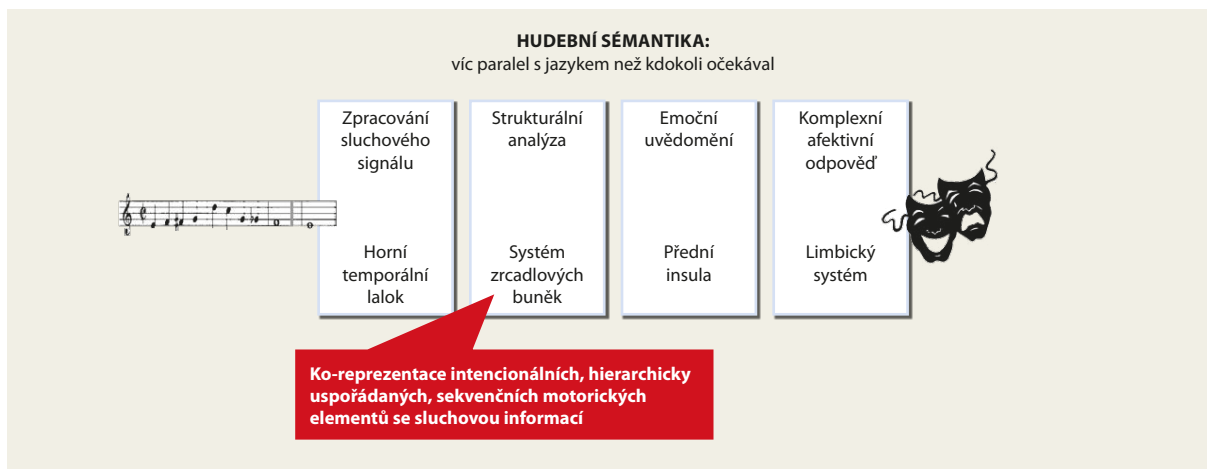


Obr. 18.9. Sekvence akordů končící řádným, resp. falešným závěrem (šipka). Vpravo oblasti mozku, které rozdíl zpracovávají: ventro-laterální premotorická kůra, spodní fronto-laterální kůra a horní temporální gyrus. Podle: Koelsch 2000⁽¹⁰⁾

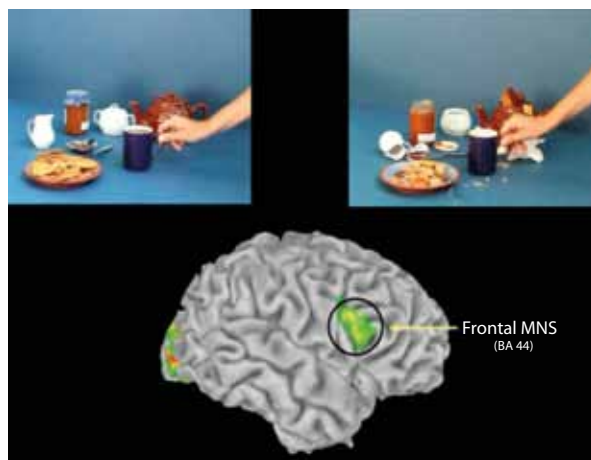
Ukázalo se například, které části mozku se aktivují při tzv. falešném závěru v hudbě⁽⁴⁾ (obr. 18.9.). Dnes se už ví, které části mozku zpracovávají jak hudební, tak slovní syntaxi. Brown et al.⁽⁵⁾ pozorovali regionální aktivity různých mozkových oblastí při doplňování melodie a doplňování věty (»nejlepší měsíc pro kurs španělštiny v Peru je srpen, protože...«, »...v Peru je touto dobou skvělé počasí«). Při generování melodie se specificky aktivovaly Brodmannovy oblasti (BA) 44 a 22, zatímco pro generování věty se specificky aktivovaly BA 38, BA 39/40 aj. Ostatní aktivované oblasti byly oběma úlohám společné. Brown et al. uzavírají, že hudba a jazyk jsou na úrovni sensoricko-motorických kinestetických oblastí (primární sluchová kůra a motorická kůra) zpracovávány shodně, na úrovni kombinatorního zpracování komplexních sluchových struktur (senzorická BA 22 a motorická BA 44 a 45) jsou zpracovány paralelně a teprve na úrovni sémantického zpracování jsou zpracovávány zvlášť. Jinými slovy, »Bach mluví«. Hudební sémantika tedy vykazuje s jazykem daleko víc paralel, než kdokoli očekával. Hudba, podobně jako jazyk, je hierarchickou strukturou: elementy → slova → věty → fráze → příběhy → kompozice. Podobně hierarchicky je vystavěno i řešení problémů a používání nástrojů⁽⁶⁾ (obr. 18.10.).

ZRCADLOVÉ BUŇKY A HRA

Strukturální analýza hudebního nebo i jazykového signálu zřejmě probíhá za účasti systému tzv. zrcadlových buněk. To je koreprezentace intencionálních, hierarchicky uspořádaných sekvenčních motorických elementů se sluchovou informací. Zrcadlové buňky jsou buňky, které se aktivují, pozorujeme-li nějakou činnost. Je dost možné, že v zrcadlovém systému hraje důležitou úlohu Brodmannova oblast 44. Základní systém zrcadlových



Obr. 18.10. Sémantické vztahy v hudbě a jazyce.⁽⁶⁾ Podle: Molnar-Szakacs, Overy, 2006



Obr. 18.11. Rozdíl v aktivaci frontálního systému zrcadlových neuronů (MNS). Podle: Iacoboni et al., 2005⁽⁶⁾

neuronů je frontoparietální (MNS, mirror neuronal system). Frontoparietální systém zrcadlových neuronů reprezentuje akce a úmysly druhých, a to napříč modalitami, a zapřahuje vlastní motorický systém.⁽⁷⁾ Iacoboni et al.⁽⁸⁾ ukázali, jaký je rozdíl v aktivaci rostrálního parietálního kortexu a Brodmannovy oblasti BA 44, pozorujeme-li pohyb prstů druhé osoby oproti kontrole.

Podobně je nápadný rozdíl, pozoruje-li hru na piano ten, kdo sám na klavír umí hrát, anebo ten, kdo na klavír nikdy nehrál. Tiž autoři také ukazují pozoruhodný rozdíl v aktivaci frontálního MNS, pozoruje-li pokusná osoba uchopení hrnku v různém kontextu. Jeden naznačuje pokračující snídani (konvička s mlékem, cukřenka, pečivo, med, konev s čajem), druhý kontext naznačuje dokončenou snídani (povalená konvička od mléka, dojedené pečivo, otevřená cukřenka, prázdná konvice s čajem). První kontext vyvolává předtuchu jiného úkonu než kontext druhý. V prvním případě pokusná osoba víceméně očekává přenesení šálku k ústům, kdežto v druhém případě odnesení šálku do dřezu na nádobí nebo do myčky. Přitom se experimentátorům podařilo vlivy pozadí odfiltrovat, resp. odečíst, a zmapovat pouze rozdíl v aktivaci zrcadlových buněk, které reflektují uchopení hrnku jako takové a jejichž aktivace je kontextem předurčena (obr. 18.11.). Systém zrcadlových neuronů je tedy jakýmsi »interface« mezi percepcí a akcí, který znamená automatickou a nevědomou stimulaci neuronálních struktur, jež obrážejí (a »chá-pou«!) akce druhých. Jde tedy o mechanismus nesmírně důležitý k predikci chování druhých, což je základní zdatnost nezbytná k přežití a její rozvoj znamená nepochybnou selekční výhodu. Hra v obojím smyslu (na slepou bábu i na hudební nástroj) je patrně způsob, jakým se tento, pro život naprosto zásadní, systém vypracovává, udržuje a trénuje.

Systém zrcadlových neuronů pravděpodobně nějak souvisí s empatií (vcítění se do druhých), s »teorií myslí« (sociální kognice), s jazykem (!) a s odlišením Já od Ne-Já. Nahlížíme-li schizofrenii jako diskonekční syndrom, resp. poruchu zpracování informací, pak není bez zajímavosti poukázat právě na to, že u schizofrenních nemocných často (i premorbidně) chybí »hravost«, nedostává se jim empatie, mají narušenou sociální kognici (a sociální přizpůsobení), schizofrenní příznaky jsou z velké části poruchami řeči (jazyka) a psychotické příznaky často zahrnují ztrátu odlišení Já od Ne-Já. Připomeňme si také upozornění britského psychiatra a badatele Timothy Crowa, že schizofrenie je daní, kterou platíme za rozvoj jazyka.

Vnímání motorické akce, jazyk i hudba využívají společné neuronální okruhy, které zřejmě u lidí souvisejí právě se systémem zrcadlových buněk. Zdá se, že lidé rozumějí komunikačním signálům (zrakovým či sluchovým, jazykovým či hudebním) na základě pochopení motorického aktu, který představují, ba na základě pochopení úmyslu (tj. možné související motorické akce), který se za tímto aktem skrývá.

SHRNUTÍ

Neurobiologická hypotéza rozvoje umění tedy předpokládá, že to, co určovalo rozvoj čelní mozkové kůry, byla velikost sociálních skupin. Sociální koheze je zajišťována groomingem. Soudržnost skupin hominidů větších než 100 jedinců už nemohla být zajištěna groomingem »face to face« do 20–30 % času. Přitom víc času nebylo možno dost dobře obětovat, protože by tím byly ohroženy jiné, pro život důležité činnosti. Proto se objevil efektivní způsob udržování sociální koheze v podobě vokalizací a bubnování, které lze označit jako »sociální grooming«. Od něj lze sledovat přímou linii ke zpěvu a jazyku (drby). Zvuková rytmizace (bubnování do prsou, do bubnů) funguje v sociálních skupinách hominidů též jako synchronizátor (Zeitgeber), který je důležitým nástrojem při mobilizaci proti vnějšímu nepříteli. Zhruba mezi 500 000–200 000 let př. n. l. se objevuje gen *FOXP2*, který je spolu s neokortexem (social brain) a sociálním groomingem předpokladem rozvoje jazyka. Hudba i jazyk zaměstnávají do značné míry shodné oblasti mozku.

Hra (doslova i v přeneseném slova smyslu) aktivuje zrcadlové buňky. Zrcadlové buňky (frontoparietální systém) umožňují predikci (co bude následovat), vcítění do druhého a předpověď chování druhého (co udělá). Predikce chování druhých je základním předpokladem přežití a znamená značnou selekční výhodu. Společným jmenovatelem systému zrcadlových buněk je Brodmannova area 44. »Zbytečné« dětské hry, honičky, říkanky, žvatlání, drby a klevety dospělých a »jalové« činnosti jako muzicírování, zpívání, bubnování a tanco-

vání jsou všechno činnosti, které tento, pro život zcela zásadní systém zrcadlových buněk trénují a naši schopnost vcítění do druhých a predikce jejich chování utvářejí. Umění a hra tak mají zásadní evoluční význam pro rozvoj schopností vcítit se do druhého a předpovědět jeho chování, rozpoznávat emoce druhých, udržovat sociální soudržnost, a tudíž aliance, a v neposlední řadě nahlédnout sám sebe (sebereflexe). Umění a hra tedy

představují společného jmenovatele rozvoje sociální dimenze jazyka, motoriky a emotivity a z vývojového hlediska jsou vzhledem k trénování schopnosti predikce nositeli značné selekční výhody.

Text je převzat z: Höschl C, Španiel F. Umění a (neuro)věda. *Sanquis* 2008; 56: 46–49; byl rozšířen o některé obrázky.

LITERATURA

1. Dunbar RIM. The social brain: mind, language, and society in evolutionary perspective. *Ann Rev Antropol* 2003; 32: 163–181.
2. Kunej D, Turk I. New perspectives on the beginnings of music: Archeological and musicological analysis of a middle Paleolithic bone »flute«. In: Wallin NL, Merker B, Brown S, eds. *The origins of music*. Cambridge, MA: MIT Press 2000: 235–268.
3. Kawabata H, Zeki S. Neural correlates of beauty. *J Neurophysiol* 2004; 91: 1699–1705.
4. Koelsch S. Significance of Broca's area and ventral premotor cortex for music-syntax processing. *Cortex* 2006; 42: 518–520.
5. Brown S, Martinez MJ, Parsons LM. Music and language side by side in the brain: a PET study of the generation of melodies and sentences. *Eur J Neurosci* 2006; 23: 2791–2803.
6. Molnar-Szakacs I, Overy K. Music and mirror neurons: from motion to »e« motion. *SCAN* 2006; 1: 235–241.
7. Iacoboni M, Molnar-Szakacs I, Gallese V, et al. Grasping the intentions of others with one's own mirror neuron system. *PLoS Biology* 2005; 3: 529–535.
8. Iacoboni M, Woods RP, Brass M, et al. Cortical mechanisms of human imitation. *Science* 1999; 286: 2526–2528.
9. Fishman YI, Volkov IO, Noh MD, et al. Consonance and dissonance of musical chords: neural correlates in auditory cortex of monkeys and humans. *J Neurophysiol* 2001; 86(6): 2761–2788.
10. Koelsch S, Gunter T, Friederici AD, Schröger E. Brain indices of music processing: »nonmusicians« are musical. *J Cogn Neurosci* 2000; 12(3): 520–541.