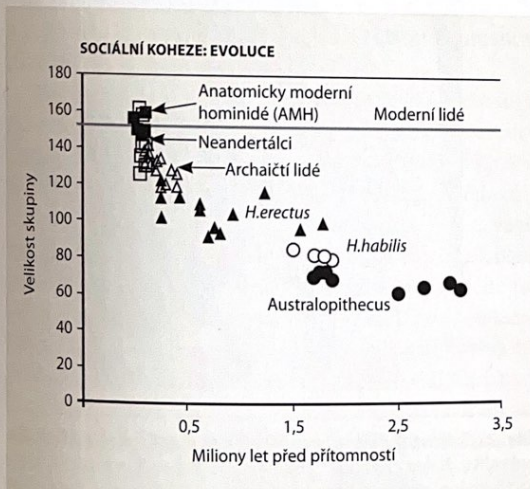


## SOCIÁLNÍ MOZEK

Z neuropsychologického hlediska můžeme lidský mozek také chápat jako stroj na kauzalitu (A → 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 (obr. 22.1.).<sup>(1)</sup> Přitom se zdá, že velikost

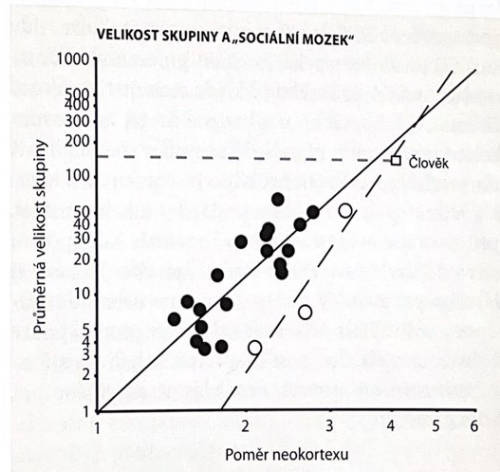
skupin je přímo úměrná velikosti **sociálního mozku** (obr. 22.2.). Za sociální skupinu považujeme množinu jedinců, kteří se mezi sebou vzájemně rozpoznávají jakožto jednotlivci.

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. 22.3.). 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 vytěsňovat jiné, pro život důležité aktivity, jako je obživa, reprodukce, teritorialita, boj s přirozenými nepřáteli apod. Zdá se, že maximální uносná doba, kterou je možno beztravně se věnovat groomingu, činí cca 30 % denní doby.



Obr. 22.1. Vývoj sociálních skupin primátů a hominidů v čase. Podle<sup>(1)</sup>

AMH – anatomicky moderní lidé; BP – před přítomností



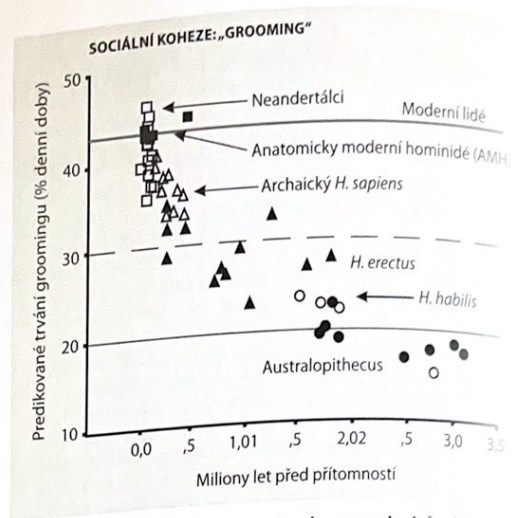
Obr. 22.2. Vztah velikosti skupiny a sociálního mozku. Podle<sup>(1)</sup>  
Hominidé – prázdné kroužky; další primáti – plně kroužky





Obr. 22.3. Grooming u primátů

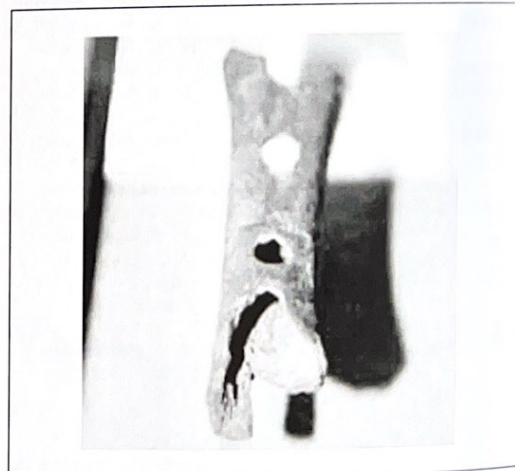
Mnohé nálezy svědčí pro to, že s rostoucí velikostí skupin byla tato doba překročena zhruba před půl milionem let (obr. 22.4.). To byla ve vývoji hominidů doba, kdy velikost skupiny kladla na sociální kohezi nároky, které grooming již nemohl zajistit, a vznikl tak zřejmě neobvyčejný tlak na rozvoj jiného, 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 „drbect“ (drbání, klevety, rumour). Drbat ve smyslu fyzického opečovávání, jak činí primáti a jak 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 **communio mutuel**, není vlastně nic jiného než **social grooming**.



Obr. 22.4. Vývoj doby trvání groomingu u primátů a hominidů. Podle<sup>(1)</sup>

## 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 jeden 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 najednou



Obr. 22.5. Kostní „flétna“ cca 50 000 let stará, z doby středního paleolitu. Nález z neandertálského tábořiště ve Slovinsku. Vyrobená zřejmě ze stehenní kosti medvěda, 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. Podle<sup>(2)</sup>



celou řadu jedinců, jsou zajímavé archeologické nálezy prvních dochovaných hudebních nástrojů. Tak kostní flétna stará zhruba 50 tisíc let, z doby středního paleolitu, která byla objevena na neandertálském tábořišti ve Slovinsku a která je zřejmě vyrobena ze stehenní kosti medvěda, 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 (obr. 22.5.).<sup>(2)</sup> 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 nálezích 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.

## HUDBA JE ODRAZEM HARDWAROVÉHO USPOŘÁDÁNÍ MOZKU

Strukturální charakteristiky hudby se dají velmi dobře formalizovaně popsat. Západní hudba je organizována do oktáv, jež zahrnují 12 tónů s rostoucí frekvencí a pevným frekvenčním poměrem ( $r$ ) mezi sousedními tóny. Tato matematicky vyjádřená pravidla prostupují vše: výška prvního tónu následující vyšší oktávy má dvojnásobnou frekvenci než první tón (sousední) nižší oktávy. Díky kanonickému frekvenčnímu poměru mezi 12 tóny a dvojnásobnému/půlenému vztahu mezi 1. a 13. tónem má numerická hodnota  $r$  hodnotu druhé odmocniny ze dvou. Tato pravidla umožňují určit frekvenci všech tónů stupnice, pokud je definován **referenční** nebo **základní tón**. Obvykle je jím **komorní A**, tedy 50. tón v škále s přesnou frekvencí 440 Hz. To vede k rozdělení harmonie mezi konsonantní a disonantní intervaly, jež je platné transkulturně.<sup>(3)</sup>

Proč tento hudební výlet? Protože se nám s tímto úvodem nabízí odpověď na otázku, proč si z celého vesmíru zvuků náš mozek vybírá matematicky definované výšeče, aby z nich utkal hudbu, jež prostupuje lidskými dějinami.

Jakmile jsou hudební tóny spojeny do melodie, vznikají globální vlastnosti, jako je melodický tvar, očekávání melodie a tonalita. Většina melodií směřuje k určité tonalitě, i když skladatelé pracující s dvanáctitónovou technikou, jako Arnold Schönberg, se jí často snaží vyhnout. Posluchači, i ti bez explicitního hudebního vzdělání, mají implicitní znalost statistických pravidelností melodií své vlastní kultury. Tato znalost je neustále uplatňována pro vytváření hudebních očekávání porovnáním daného tónu s daným statistickým rozložením. Tonality jsou příkladem jednoho prediktivního modelu, který leží v základu očekávání průběhu melodie.

Má ale i transkulturní tonalita nějaké hardwarové základy? Určitě ano.

Podobě jako je zrak vyladěn svými receptory na dekodování elektromagnetického vlnění s vlnovými délkami okolo 390–760 nm, je i vnímání hudby nepřekvapivě prostým odrazem hardwarového uspořádání mozku.

Neurální a gliální aktivita vytváří v CNS kontinuální vějíř oscilací zasahující široký rozsah frekvencí od 0,01 Hz až po 200 Hz. Jejich spektrální denzita se dá popsat matematicky jako mocninová funkce  $1/f^\beta$ , kde platí:  $1 < \beta < 3$ . Nejdůležitějším aspektem však je, že různé frekvence i v CNS vytvářejí hierarchické vztahy na bázi fázové vazby (phase coupling), kde jedna frekvence je harmonickým násobkem druhé.<sup>(4)</sup>

Mozkové oscilace jsou tedy hierarchicky organizovány podle mocninného zákona a zároveň jimi napříč procházejí specifické **harmonické rezonance** zprostředkované fázovou vazbou. Fázová vazba umožňuje časoprostorové kódování informace, která podle mnohých představuje zásadní, ale prozatím neprozkoumanou formu neurální syntaxe.<sup>(5)</sup>

Pro náš příběh je ale důležitější jiný aspekt. Existuje propojení mezi frekvencemi mozkových oscilací a hudební strukturou. I v mozku fázová vazba vytváří hierarchické uspořádání frekvencí daných matematicky určenými poměry a také tady jsou respektovány fyzikální zákonitosti, které panují i v hudbě. Jinými slovy, i na neurofyziologické úrovni fázová vazba vytváří harmonické frekvenční poměry, které typicky spatřujeme ve struktuře hudby.

Podobnost ve frekvenční architektuře mozku a hudby je vysvětlením, proč právě hudba se svými harmonickými postupy rezonuje s naším interiérem a proč právě muzika hraje klíčovou roli v rámci emocionální komunikace.<sup>(6)</sup>

Matematicky popsatelná hierarchie frekvencí není důležitá pouze pro vnitřní komunikaci v mozku, ale hraje patrně roli i v komunikaci s okolím, právě zejména prostřednictvím hudby.

Hudba nás propojuje navzájem. EEG hyperscanning (tedy současné nahrávání EEG u více osob) prokázal statisticky významnou elektrofyziologickou synchronizaci mezi hudebníky během společného provozování hudby, ať už v rámci improvizace, či interpretace z notového záznamu. Při společném hraní se mozková aktivita muzikantů synchronizuje.<sup>(7,8)</sup>

Kanonizovaná struktura hudby zahrnuje vzory, které posluchačům umožňují vytvářet očekávání založená na bázi prediktivního kódování. Představa mozku jako hierarchického predikčního orgánu, kde jsou smyslové vstupy neustále porovnávány s očekáváními na bázi sedliny předchozí zkušenosti, lze aplikovat i na vnímání hudby. Prediktivní model předpokládá, že v každém okamžiku předpovídáme bezděčně další melodický postup, harmonické vyústění i rytmus a tyto predikce určují naši vnímavost. Naopak jejich narušení vnímáme mimořádně citlivě.<sup>(9,40)</sup>



Tato vlastnost ale klade na mozek mimořádné nároky. Některé druhy smyslových informací, jako statické obrazy, nesou svůj význam nezávisle na čase. To ale nepatří pro většinu signálů, které nás obklopují, jako je řeč a – samozřejmě – hudba. Hudba zakládá všechny své sémantické a emocionální prvky na časovém zpracování informací, které je samo o sobě velmi komputačně náročné. Jelikož prediktivní kódování rytmu a melodie je spojeno se svrchovanou výkonností našeho mozku, není divu, že vývojové poruchy včetně dyslexie, autismu nebo poruch pozornosti jsou spojeny s narušenou schopností zpracovávat časování a předpovídat zejména rytmickou strukturu hudby.<sup>(10)</sup>

## MOZEK A RYTMUS

Důležitým rysem, který odlišuje hudební aktivity od jiného sociálního chování, je rytmicita a zejména její předvídatelnost.<sup>(11,12)</sup>

Vnímání rytmu je výsostně lidskou vlastností, je velmi výjimečné u zvířat a ani tady nikdy nedosahuje takové přesnosti a flexibility jako u člověka. Lidé mají schopnost synchronizovat se s metronomem při velmi široké škále různých temp v rozmezí přibližně 0,7 až 6,7 Hz.<sup>(13,14)</sup>

Při poslechu rytmické hudby máme příjemný pocit a zároveň touhu pohybovat se v jejím rytmu. Rytmus je transkulturně zajištěn ve všech hudebních tělesech planety přítomností rytmické sekce, skládající se typicky z perkusí, případně basové sekce a akordových nástrojů. Rytmická sekce má udržovat stálý rytmus – často ve formě stálého synkopového rytmického vzoru.

Proč jsou synkopy tak nakažlivé a objevují se ve všech kulturách? Možná je ve hře opět prediktivní kódování mozku. Synkopa v hudbě je rytmicko-metrický útvar, který ozvláštňuje pravidelný průběh hudební fráze a vnáší do ní prvek předpověditelné nepravidelnosti. Příkladem synkopy může být důraz (přízvuk) na dobu (v taktu), jež obvykle není zdůrazněna.<sup>(15,16)</sup>

Nepravidelnost v rytmu považujeme obecně za vážnou chybu předpovědi. Podle teorie aktivní inference má mozek tendenci vyřešit tuto chybu předpovědi buď revidováním předpovědi, nebo skrze akci – například tím, že při synkopálním rytmu tělo reaguje pohybem, který bezděčně vyplní synkopální mezeru v předpokládané rytmické struktuře. Jinými slovy, aktivní, v tomto případě motorické vyrovnávání chyb v předpovědi je důsledkem naší úporné tendence vyretušovat nepravidelné synkopální metrum pohybem v souladu s rytmem.<sup>(17)</sup>

Neodolatelná sugestibilita synkop a jejich schopnost donutit nás k tanci byla replikována transkulturně.<sup>(18-21)</sup> Je také podkladem nesmrtnosti jazzu a živí celou sféru populární hudby.

Jsou zde ale ještě další vlastnosti rytmu. Ukazuje se, že posluchači obecně nejvýrazněji preferují hudbu

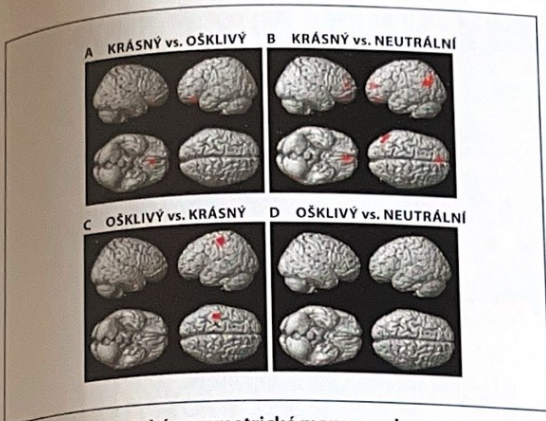
s tempem kolem 2 Hz (cca dvakrát za sekundu), což odpovídá typickému rytmu západní popové hudební produkce<sup>(22)</sup> a zároveň jde o nejčastější frekvenci přírodních pohybů u dospělých jedinců. Tato preference má své biologické základy v pohybové obálce člověka. Lidé vykazují kulturně všudypřítomnou schopnost nechat se strhnout rytmem, zejména pokud je součástí hudby.<sup>(24-26)</sup> Rytmus vyvolává bezděčnou pohybovou aktivitu, pohupování, poklepávání nohou. Zkrátka aniž chceme, hudba z člověka hned na první poslech vymámí celý motorický repertoár, jenž doprovází emoční přitakání hudbě jako takové.<sup>(27-30)</sup> Neodolatelně sugestivní účinek muziky na rytmické motorické projevy úzce souvisí s efektem behaviorální synchronizace, jež pozitivně ovlivňuje prosociální tendence.<sup>(31)</sup> Efekt pravděpodobně vzniká jakýmsi rozostřením hranic mezi Já a ne-Já, jehož podkladem může být právě neurální synchronizace mezi našimi mozky, kterou dokáže hudba bezpečně navodit.<sup>(32)</sup> Skutečně: neurální aktivita má tendenci synchronizovat se s rytmickými zvuky, včetně hudby.<sup>(33-35)</sup> Kruh se uzavírá: experimenty skutečně ukazují, že neurální synchronizace je podkladem behaviorální synchronizace, a tedy obecně prosociálního chování jako takového.<sup>(32,36)</sup> Napříč kulturami a dějinami se zkrátka lidé zapojují do aktivit, jež synchronizují jednání jedince s ostatními. Hudba a tanec jsou transkulturně nejnápadnějším projevem tohoto fenoménu, jeho příčinou i důsledkem.

Na mysl, jazyk, hudbu a společnost můžeme tedy nahlížet z evolučního hlediska z jediné perspektivy. Jejich společným jmenovatelem je sociální mozek (mimořádně rozvinutý neokortex). Shrneme-li tedy výše uvedené, 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 se vznikem 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 se špetkou asymetrie, rytmu s trochou arytmií a harmonie s trochou disharmonie. Symetrie je v přírodě symbolem krásy, harmonie a korelátem dobrého zdraví (fitness); hraje tedy v přírodním výběru důležitou roli. Absolutní





Obr. 22.6. 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,  $p < 0,05$ ). 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. Podle<sup>(3)</sup>

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. 22.6., který je převzat z práce Kawabaty a Zekiho, je na statistických mapách, nanesených (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.<sup>(39)</sup> Pokusné osoby nejprve vyhodnocovaly na subjektivní stupnici pocity, 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 týmž obrazům. 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. 22.7.). Na obr. 22.7. je vidět záznam vln akustického evokovaného potenciálu snímaného z Heschlova gyru, při jehož vyhodnocení se proti sobě vynáší 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 tisíc 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 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. 22.8.).

## HUDBA A JAZYK

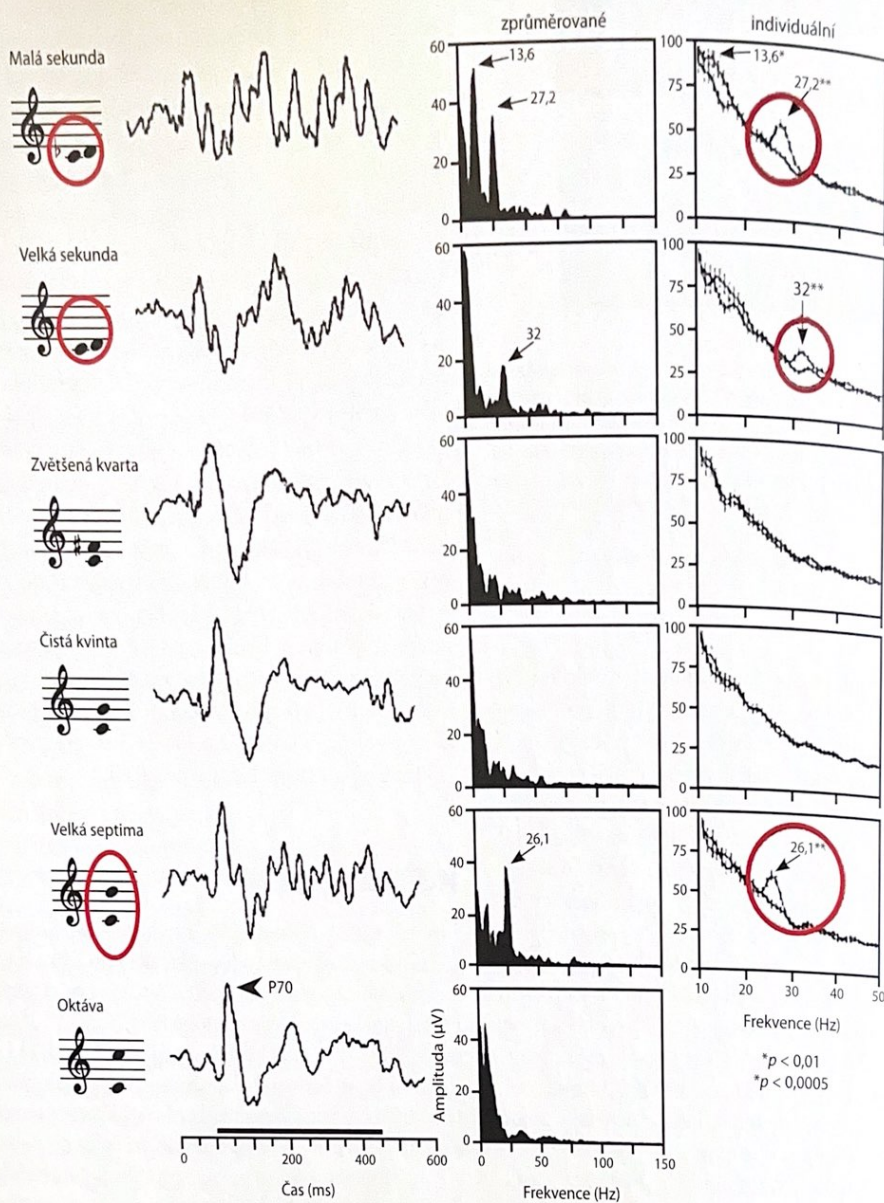
Mnohé neurofyziologické nálezy naznačují, že Brocova oblast souvisí nejenom s řečí, ale také s hudební syntaxí.

Ukázalo se například, které části mozku se aktivují při tzv. falešném závěru v hudbě (obr. 22.9.).<sup>(40)</sup> Dnes se už ví, které části mozku zpracovávají jak hudební, tak slovní syntaxi. Brown et al. 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 skvěle počasi“).<sup>(41)</sup> 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 (sensorická BA 22 a motorická BA 44 a 45) jsou zpracovávány 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



**SUBJEKT 1: Místo Heschlova gyru**  
Vlny akustického evokovaného potenciálu

**AEP AMPLITUDOVÁ SPEKTRA**



Obr. 22.7. Rozlišení konsonantních a disonantních intervalů. Podle<sup>(45)</sup>

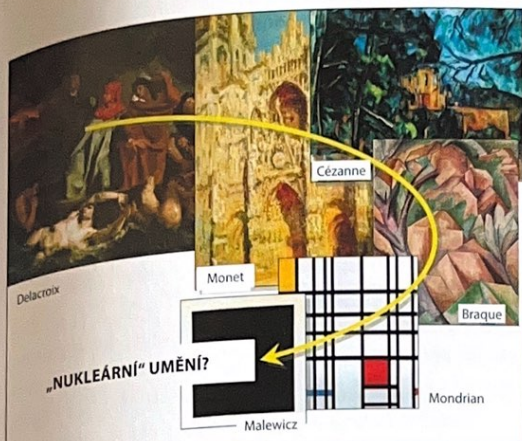
vystavěno i řešení problémů a používání nástrojů (obr. 22.10.).<sup>(42)</sup>

### ZRCADLOVÉ BUŇKY A HRA

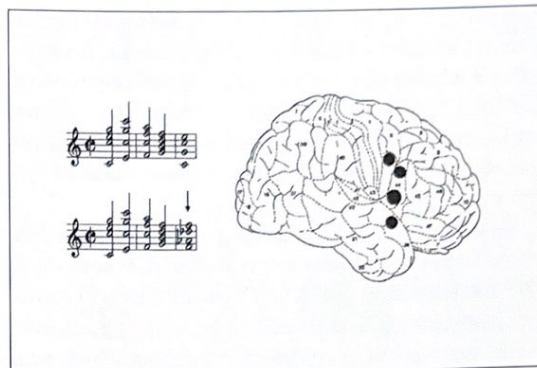
Strukturální analýza hudebního nebo i jazykového signálu zřejmě probíhá za účasti systému tzv. zrcadlových buněk. To je koreprezentace intencionálních, hierarchicky uspořádaných sekvenčních motorických elementů se sluchovou informací. Zrcadlové buňky jsou buňky,

kteří se aktivují, pozorujeme-li nějakou činnost. Je dost možné, že v zrcadlovém systému hraje důležitou úlohu Brodmannova oblast.<sup>(44)</sup> Základní systém zrcadlových 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.<sup>(43)</sup> Iacoboni et al. ukázali, jaký je rozdíl v aktivaci rostrálního parietálního kortexu a Brodmannovy oblasti BA 44, pozorujeme-li pohyb prstů druhé osoby oproti kontrole.<sup>(44)</sup>

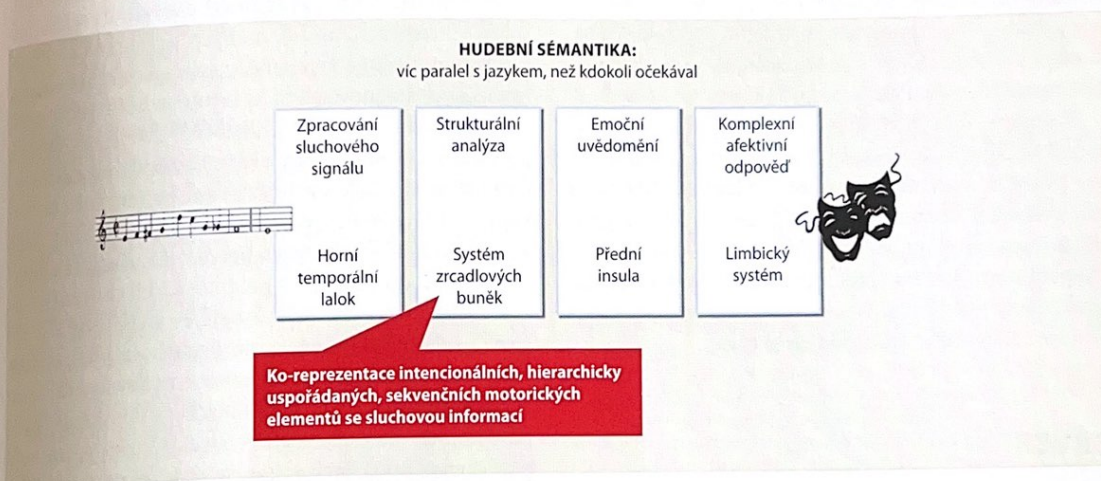




Obr. 22.8. Příklady dekonstruovaného, „nukleárního“ umění

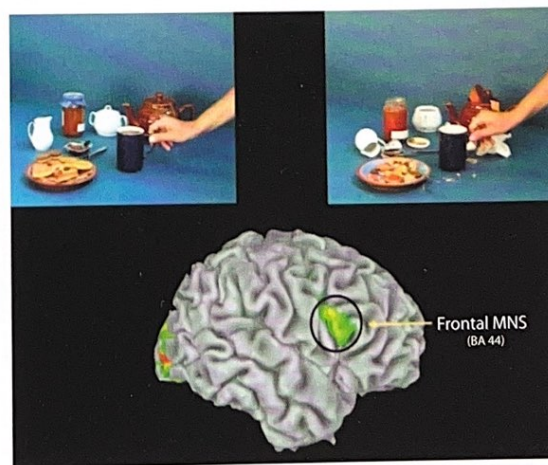


Obr. 22.9. Sekvence akordů končící řádným, resp. falešným závěrem (šipka). Vpravo oblasti mozku, které rozdíl zpracovávají: ventrolaterální premotorická kůra, spodní frontolaterální kůra a horní temporální gyrus. Podle<sup>(40)</sup>



Obr. 22.10. Sémantické vztahy v hudbě a jazyce. Podle<sup>(42)</sup>

Podobně je nápadný rozdíl, pozoruje-li hru na piano ten, kdo sám na klavír umí hrát, anebo ten, kdo na klavír nikdy nehrál. Tíž 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, konež 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. 22.11.). Systém zrcadlových neuronů je tedy jakýmsi „interface“ mezi percepcí a akcí, který znamená automatickou a nevědomou stimulaci neuronálních struktur, jež



Obr. 22.11. Rozdíl v aktivaci frontálního systému zrcadlových neuronů (MNS). Podle<sup>(43)</sup>



obrážejí (a „chápu“!) 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 mysli (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 Timothyho 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.

## ZÁVĚR

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 byly ohroženy jiné, pro život důležité činnosti. Někdy se objevil efektivní způsob udržování sociální koheze v podobě vokalizací a bubnování, které lze označovat jako **sociální grooming**. Od něj lze sledovat přímou vazbu 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 vnějším nepříteľi. Zhruba mezi 500–200 tisíci let př. n. l. nastala mutace genu *FOXP2*, která je spolu s neokortikálním (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.<sup>(44)</sup> „Zbytečné“ dětské hry, honění, říkanky, žvatlání, drby a klevety dospělých a „jalo“ činnosti jako muzicírování, zpívání, bubnování a tančování jsou všechno činnosti, které tento, pro život 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 doplněn a rozšířen o některé obrázky.

## LITERATURA

- Dunbar RIM. The social brain: mind, language, and society in evolutionary perspective. *Annu Rev Antropol* 2003; 32: 163–181.
- 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.
- McPherson MJ, Dolan SE, Durango A, et al. Perceptual fusion of musical notes by native Amazonians suggests universal representations of musical intervals. *Nat Commun* 2020; 11: 2786.
- Buzsáki G, Vöröslakos M. Brain rhythms have come of age. *Neuron* 2023; 111(7): 922–926.
- Northoff G, Zilio F. Temporo-spatial theory of consciousness (TTC) – bridging the gap of neuronal activity and phenomenal states. *Behav Brain Res* 2022; 424: 113788.
- Klimesch W. The frequency architecture of brain and brain body oscillations: an analysis. *Eur J Neurosci* 2018; 48(7): 2431–2453.
- Betancourt Zapata WJ. Effect of musical improvisation on inter-brain wave synchronization. Universidad de los Andes 2023. [Online.] Dostupné na: <https://repositorio.uniandes.edu.co/handle/1992/68829>
- Ramírez-Moreno MA, Cruz-Garza JG, Acharya A, et al. Brain-to-brain communication during musical improvisation: a performance case study [version 3; peer review: 1 approved, 1 approved with reservations]. *F1000Research* 2023; 11: 989. [Online.] Dostupné na: [doi.org/10.12688/f1000research.12351.4](https://doi.org/10.12688/f1000research.12351.4)
- Vuust P, Heggeli OA, Friston KJ, Kringelbach ML. Music in the brain. *Nat Rev Neurosci* 2022; 23(5): 287–305.
- Lense MD, Ladányi E, Rabinowitch T-C, et al. Rhythm and timing as vulnerabilities in neurodevelopmental disorders. *Philos Trans R Soc B Biol Sci* 2021; 376: 20200327.



11. Bispham J. Rhythm in music: what is it? Who has it? And why? *Music Percept* 2006; 24: 125–134.
12. Merker B, Madison GS, Eckerdal P. On the role and origin of isochrony in human rhythmic entrainment. *Cortex* 2009; 45: 4–17.
13. Repp BH. Sensorimotor synchronization: a review of the tapping literature. *Psychon Bull Rev* 2005; 12: 969992.
14. Repp BH, Su YH. Sensorimotor synchronization: A review of recent research (2006–2012). *Psychon Bull Rev* 2013; 20: 403–452.
15. Longuet-Higgins HC, Lee CS. The rhythmic interpretation of monophonic music. *Music Percept* 1984; 1: 18.
16. Friston K, Mattout J, Kilner J. Action understanding and active inference. *Biol Cybern* 2011; 104: 137–160.
17. Sioros G, Miron M, Davies M, et al. Syncopation creates the sensation of groove in synthesized music examples. *Front Psychol* 2014; 5: 1036.
18. Witek MA, et al. The brain dynamics of musical groove: whole-brain modelling of effective connectivity reveals increased metastability of reward and motor networks. *Nature Commun Rev* 2019.
19. Witek MA, Liu J, Kuubertzie J, et al. A critical cross-cultural study of sensorimotor and groove responses to syncopation among Ghanaian and American University Students and Staff. *Music Percept* 2020; 37: 278–297.
20. Witek MA, Clarke EF, Wallentin M, et al. Syncopation, body-movement and pleasure in groove music. *PLoS One* 2014; 9: e94446.
21. Matthews TE, Witek MA, Heggli OA, et al. The sensation of groove is affected by the interaction of rhythmic and harmonic complexity. *PLoS One* 2019; 14: e0204539.
22. Moelants D. Preferred tempo reconsidered. In: Burnham SD, McPherson G, Schubert E, Renwick J, eds. *Proceedings of the 7th International Conference on Music Perception and Cognition*. Sydney: Causal Productions 2002: 580–583.
23. MacDougall HG, Moore ST. Marching to the beat of the same drummer: the spontaneous tempo of human locomotion. *J Appl Physiol* 2005; 99:1164–1173.
24. Clayton M, Sager R, Will U. In time with the music: the concept of entrainment and its significance for ethnomusicology. *Eur J Soc Psychol* 2005; 11: 3–142.
25. Brown S, Jordania J. Universals in the world's musics. *Psychol Music* 2011; 41: 229–248.
26. Demos AP, Chaffin R, Begosh KT, et al. Rocking to the beat: effects of music and partner's movements on spontaneous interpersonal coordination. *J Exp Psychol Gen* 2012; 141: 49–53.
27. Doelling KB, Poeppel D. Cortical entrainment to music and its modulation by expertise. *PNAS* 2015; 112: E6233–E6242.
28. Tierney A, Kraus N. Neural entrainment to the rhythmic structure of music. *J Cogn Neurosci* 2015; 27: 400–408.
29. Nozaradan S. Exploring how musical rhythm entrains brain activity with electroencephalogram frequency-tagging. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci* 2014; 369(1658): 20130393.
30. Kaneshiro B, Nguyen DT, Norcia AM, et al. Natural music evokes correlated EEG responses reflecting temporal structure and beat. *NeuroImage* 2020; 214: 116559.
31. Bernieri FJ, Reznick JS, Rosenthal R. Synchrony, pseudosynchrony, and dissynchrony: measuring the entrainment process in mother-infant interactions. *J Pers Soc Psychol* 1988; 54(2): 243–53.
32. Feng X, Sun B, Chen C, et al. Self-other overlap and interpersonal neural synchronization serially mediate the effect of behavioral synchronization on prosociality. *Soc Cogn Affect Neurosci* 2020; 15(2): 203–214.
33. Doelling KB, Poeppel D. Cortical entrainment to music and its modulation by expertise. *PNAS* 2015; 112: E6233–E6242.
34. Ding N, Patel AD, Chen L, et al. Temporal modulations in speech and music. *Neurosci Biobehav Rev* 2017; 81: 181–187.
35. Nicolau N, Malik A, Daly I, et al. Directed motor-auditory EEG connectivity is modulated by music tempo. *Front Hum Neurosci* 2017; 11: 502.
36. Overy K, Molnar-Szakacs I. Being together in time: musical experience and the mirror neuron system. *Music Percept* 2009; 26: 489–504.
37. Fessler DMT, Holbrook C. Marching into battle: synchronized walking diminishes the conceptualized formidability of an antagonist in men. *Biol Lett* 2014; 10(8): 20140592.
38. Hagen EH, Bryant GA. Music and dance as a coalition signaling system. *Hum Nat* 2003; 14: 21–51.
39. Kawabata H, Zeki S. Neural correlates of beauty. *J Neurophysiol* 2004; 91: 1699–1705.
40. Koelsch S. Significance of Broca's area and ventral premotor cortex for music-syntax processing. *Cortex* 2006; 42: 518–520.
41. 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.
42. Molnar-Szakacs I, Overy K. Music and mirror neurons: from motion to "e" motion. *SCAN* 2006; 1: 235–241.
43. 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.
44. Iacoboni M, Woods RP, Brass M, et al. Cortical mechanisms of human imitation. *Science* 1999; 286: 2526–2528.
45. 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.
46. Koelsch S, Gunter T, Friederici AD, Schröger E. Brain indices of music processing: 'nonmusicians' are musical. *J Cogn Neurosci* 2000; 12(3): 520–541.