

# Umetnost in možgani

## Abstract

### Art and brain

Art as a form of symbolic cognition is present only in man. With what purpose? It may fortify social cohesion, it may be a sign of artists' talent and successful genes, or it may be just a 'sweet' epiphenomenon of evolution. Recent developments in neuroscience have enabled a deeper dialogue between science and art. From time immemorial artists have tried, consciously or unconsciously, to uncover mechanisms with which to influence the receiver of their art. Neuroscientists search for the structures of the brain that are active during the process of creating or during the process of feeling the object of art and whether universal laws or principles of aesthetics may be defined. Research has discovered that no unique or single brain 'centre for art' or 'centre for aesthetics' exists; rather, creating or enjoying art activates broad interconnected regions. These range from ancient ones, present also in reptiles and early mammals (cerebellum) to those, most recent in evolutionary terms, that define humanity itself (prefrontal cortex). In all areas there is a constant interplay between the 'bottom to top' and 'top to bottom' mechanisms, as the basic sensory processes are sculpted through high and complex mechanisms of expectations, memories, experiences and emotions.

**Keywords:** art, neuroscience, brain, evolution, universal principles

*Zvezdan Pirtošek, M.D., Ph.D., is neurologist and full Professor at the University of Ljubljana. He is Head of the Chair of Neurology, Medical Faculty Ljubljana, Head of the Clinical Department of Neurology at the University Medical Centre Ljubljana and Chair of the Slovenian Brain Council. Main areas of interest: neurodegenerative disorders (dementia, parkinsonism) and cognitive neuroscience. (zpirtosek@gmail.com)*

## Povzetek

Umetnost kot izraz simbolne kognicije najdemo le pri človeku. S kakšnim namenom? Morda utrjuje socialno kohezijo, morda z njo dokazujemo svojo nadarjenost in uspešne gene, morda je le prijeten stranski proizvod evolucije. Šele razvoj nevroznanosti je spodbudil globlji dialog med znanostjo in umetnostjo. Umetnik si je že od nekdaj (podzavestno ali zavestno) prizadeval, da bi odkril zakonitosti svojega ustvarjanja, s katerimi bo vplival na tistega, ki prejema umetnino. Nevroznanstvenik se sprašuje, katere možganske strukture omogočajo ustvarjanje ali dojetje umetniškega dela, ali obstajajo univerzalni zakoni dojetja estetskega (»univerzalije«). Ugotavlja, da ni enega samega »centra za umetnost« ali »centra za estetiko«; ustvarjanje ali doživljanje umetnine aktivira široke, med seboj povezane predele, od zelo arhaičnih, prisotnih tudi pri plazilcih in zgodnjih sesalcih (mali možgani), do evolucijsko najmlajših, ki zaznamujejo človeka (prefrontalna skorja). V vseh se prepletajo procesi »od spodaj navzgor« in »od zgoraj navzdol«, ko osnovne procese čutov oklešejo visoki in zapleteni mehanizmi pričakovanj, spominov, izkušenj in čustev.

**Ključne besede:** umetnost, nevroznanost, možgani, evolucija, univerzalije

*Dr. Zvezdan Pirtošek, dr. med., je nevrolog in redni profesor Univerze v Ljubljani, predstojnik Katedre za nevrologijo na Medicinski fakulteti, predstojnik Kliničnega oddelka za bolezni živčevja UKC v Ljubljani in predsednik slovenskega Sveta za možgane. Glavni področji raziskovanja sta neurodegenerativne bolezni (demenca, parkinsonizmi) in kognitivna nevroznanost. (zpirtosek@gmail.com)*

## Umetnost: Zakaj?

Zakaj je v nekem trenutku pri enem od tisočev milijonov vrst, pri vrsti *Homo sapiens sapiens*, pred nekaj deset tisoč leti nenadoma vzniknila umetnost? Umetnost je izraz simbolne in abstraktne kognicije, ki ga, zdi se, najdemo le pri človeku – čeprav pri nekaterih živalih lahko opazujemo zanimivo in relativno kompleksno simbolno vedenje (de Waal in Tyack, 2003), pa umetniška dela ustvarja in doživlja le človek. Treba je torej doseči določen prag nevroanatomskih in nevrokemičnih sprememb, ki bodo to omogočile.

Odgovora na uvodno vprašanje (seveda) ne poznamo, o tem lahko bolj ali manj kvalificirano ugibamo. Ali je tudi umetnost oblika evolucijske prilagoditve, npr. kognitivnega mehanizma, ki utrjuje socialno kohezijo (Boyd, 2005), spolno privlačnost, je umetniško ustvarjanje način, da pokažemo in dokažemo svojo nadarjenost, spretnost, uspešne gene (Miller, 2001), ali pa je umetnost zgolj prijeten stranski produkt evolucije (*cheesecake of the mind*), kot trdi Pinker (2009)? Lahko je seveda vse to. Najsi bo prvo ali drugo ali tretje, kombinacija naštetega, dejstvo je, da ima umetnost globok vpliv na življenje naše vrste, posameznikovo in družbeno. Prav zato si pogosto zastavljamo vprašanja tudi o odnosu med umetnostjo in mislijo, umetnostjo in dušo, umetnostjo in čustvi, umetnostjo in možgani. Ali lahko razumemo biološko dimenzijo edinstvene in čudovite zmožnosti ljudi, da ustvarjajo in uživajo umetnost?



*Konji in boj nosorogov* (jamska poslikava iz jame Chauvet, 30.000–32.000 pr. n. št.)

Ne dvomimo, da je zmožnost ustvarjanja in občutenja umetnosti proizvod možganov. Zanimivo je, da so osnove estetskega in umetniškega občutenja, čeprav izrazito individualne, vendar precej stabilne skozi vsa obdobja razvoja človeka;

tudi danes odkrivamo dinamično lepoto živali iz jame Chauvet ali elegantno dostojanstvo in mir egipčanske Nefretete. Umetniška dela časovno in prostorsko daljnih kultur, ki jih ne razumemo in katerih kontekst in izpoved nam niso poznana, vseeno lahko zbudijo občutek estetike in lepega. Umetnost je torej nad kontekstom, nad kulturo, zdi se zakoreninjena v pradavnih bioloških temeljih, ki so služili drugim, bolj preživetvenim potrebam in se nato prilagodili zahtevam spreminjajočega se sveta. Zato veliko resnic o umetnosti lahko odkrije tudi znanost.

## Dve kulturi in dialog med njima

Dialog med umetnostjo in nevroznanostjo se težko vzpostavlja, poln je objektivnih težav in subjektivnih pomislekov. Odraža situacijo, o kateri je – kot o prepadu med dvema kulturama – v prejšnjem stoletju razmišljal Snow (1994). Znanstveniki težijo k logiki, analizi, eksplicitnemu in preverljivemu načinu dela in pisanja; v procesu ustvarjanja in doživljanja velike umetnine neredko občutimo ravno nasprotno – iracionalnost, holizem, sintezo, nedorečenost ali nejasnost. Ali z besedami Braqua (1971): »Vloga umetnosti je, da vznemirja; znanosti, da pomirja.« A je v resničnosti pogosto tudi ravno obrnjeno. Čeprav se je prvo delo o empirični estetiki pojavilo že pred stoletjem in pol (Fechner, 1876), pa je šele razvoj nevroznanosti ob prelomu tisočletja spodbudil resen, četudi velikokrat čustven dialog med obema kulturama (Ramachandran in Hirstein, 1999; Zeki, 1999; Livingstone, 2002; Chatterjee, 2004). V tem dialogu znanosti in umetnosti nevroznanstvenik skuša ugotoviti, kaj se dogaja v človeku (predvsem v možganih, a tudi širše v telesu), ko vsrkava umetniško delo, in kaj se dogaja v umetniku, ko ustvarja umetniško delo. Sprašuje se, katere možganske strukture so vpletene v proces ustvarjanja ali dožemanja umetniškega dela, ali obstajajo univerzalni zakoni (»univerzalije«), ki uravnavajo, kaj je umetnina in kaj ni; kaj je estetsko in kaj ni; ob čem uživamo in ob čem ne.

## Samo v človekovih možganih

Globlja simbolična in abstraktna kognicija obstaja le pri človeku, pri zadnjem (in zdaj edinem) iz vrste Homo, pri Homo sapiens sapiens. Na prizorišču evolucije se je Homo sapiens sapiens pojavil pred 150.000–200.000 leti, ob jezerih vzhodne Afrike. Odlikovalo ga je precej dodelano orodje, a le skromni sledovi simbolne kognicije, ki jih poznamo predvsem z najdišč v Južni Afriki in na Bližnjem vzhodu (pokopi, rdeči pigmenti, prineseni v jame z oddaljenih najdišč, okraski). O vzniku umetnosti lahko govorimo šele veliko pozneje in na drugem koncu sveta: v Evropi, pred 35.000–45.000 leti, ko je Homo sapiens sapiens na tej celini sobival z umirajočim bratrancem, neandertalcem, »Evropejcem«, dolgo pred prihodom modernega

človeka. Ne razumemo, zakaj se je umetnost pri človeku pojavila po tako dolgem času, po več kot 100.000 letih, in nato tako eksplozivno. Ne razumemo morebitne vloge neandertalca (Balter, 2009).

Seveda so nevroanatomske in biološke osnove simbolne in abstraktne kognicije nastajale v procesih naravne selekcije in adaptacije milijone let prej. Umetnost je le en izraz te na novo ustvarjene človekove sposobnosti; drug je nastanek govora in zapletenih gramatičnih pravil jezika. Nekateri menijo, da se je najprej razvil govor, morda z genetsko spremembo v genu FOXP2, in da je razvoj umetnosti zgolj posledica tega, da je človek spregovoril (Enard in dr., 2002). Drugi ugovarjajo, češ da se je govor pri človeku (in morda neandertalcu?) razvil veliko prej kot pred 45.000 leti; in zanesljivo vemo, da je gen FOXP2 prisoten tudi pri živalih (Fisher in Scharff, 2009). Iskati moramo tudi alternativne razlage: morda je vznik umetnosti prav v obdobju poznega pleistocena in prav v tem zaledenem delu sveta spodbudilo povečanje članov skupine, potreba po medsebojnem sodelovanju in iz tega izhajajoč altruizem, bolj prijazno socialno okolje z več časa in manj potrebe po medsebojnem uničevanju (Bowles, 2009; Mace, 2009; Powell in dr. 2009).

## Med centrom in prepletenimi mrežami

Dejstvo je, da sta ustvarjanje umetnine in občutek ob doživljanju umetniške stvaritve povezana z jasnimi spremembami v možganih. Ne sicer v enem samem »centru za umetnost« ali »centru za estetiko«; v možganih ni centra za glasbo ali ples; ob ustvarjanju ali doživljanju umetnine se aktivirajo široki, med seboj povezani predeli, od zelo arhaičnih, ki jih najdemo tudi pri plazilcih in zgodnjih sesalcih (mali možgani), do tistih, ki so na oder evolucije prišli pred kratkim in zaznamujejo človeka (prefrontalna skorja). Pa vendar bodo ti možganski predeli različni pri opazovanju slike, pri poslušanju sonate, pri plesu, pri prebiranju Ane Karenine; in razlikovali se bodo tudi med zatopljenostjo v sliko Moneta in v sliko Picassa.

Ob tem, ko se spremembe javljajo v širokih predelih možganov, pa se ves čas prepletajo možganski procesi »od zgoraj navzdol« s procesi »od spodaj navzgor«: v tako imenovanih senzoričnih predelih (za vid, sluh, propriocepcijo, položaj telesa v prostoru), v višjih asociacijskih predelih, kjer prihaja do prelivanja in združevanja različnih modalnosti, v predelih za čustveno doživljanje (limbični sistem, zlasti jedro amigdala), v evolucijsko zelo mladih čelnih predelih možganov (prefrontalna skorja), odgovornih za višje miselne procese, razum, abstraktno razmišljanje, doživljanje lastnega jaza, empatijo in metalogiko, in v predelih možganov, ki so nekakšen most med razumom in čustvi (orbitofrontalni predeli). Ob tem posamezne študije odkrivajo, da se nekateri predeli aktivirajo zgolj ob izkušnji estetskega doživetja, kjer prihaja do celostne integracije emocionalnih in kognitivnih vidikov (anteriorni medialni prefrontalni korteks, striatum, sprednji predel inzule desne poloble) (Cela-Conde in dr., 2004; Kawabata in Zeki, 2004; Di Dio in dr., 2007). Za

edinstveno doživetje estetskega in esence umetnine je po vsej verjetnosti potrebno sinhrono povezovanje nevronske mreže našete predelov možganov, zlasti na način, ki je pomemben za občutek osebne relevantnosti doživetega.

Da estetska izkušnja odraža široko nevronske povezovanje številnih difuzno razporejenih možganskih omrežij, potrjujejo tudi študije pri bolnikih z Alzheimerjevo demenco. Estetske preference pri bolnikih z Alzheimerjevo demenco se namreč ne razlikujejo od estetskih preferenc zdravih kontrolnih preiskovancev, čeprav so pri bolnikih prisotne izrazite kognitivne motnje (Halpern in dr., 2008).

## Procesi v možganih in metode proučevanja

Pri percepciji umetniškega dela – kako vidimo barve, čutimo ritem, zaznamo gib – se prepletajo procesi »od spodaj navzgor« (*bottom-top*) in »od zgoraj navzdol« (*top-bottom*). Pri prvem osnovni procesi vseh čutov postopno gradijo čedalje bolj kompleksno podobo umetnine, ki jo dokončno oblikujejo procesi v asociativni možganski skorji. Pri drugem pa to podobo oklešejo zapleteni zavedni in nezavedni, kortikalni (na površini možganov) in subkortikalni (v globini možganov) mehanizmi pričakovanj, spominov, izkušenj, čustev. Aktiviranje amigdale bo v nas zbudilo strah, morda jezavo borbenost; aktiviranje akumbensa in dopaminergičnega mezokortikolimbicnega sistema nam bo zbudilo občutek prijetnega pričakovanja, ugodja, zadovoljstva in nagrade. In vendar je estetski občutek več kot le aktiviranje tega »sistema za nagrajevanje« – močan estetski občutek nam lahko zbudi in kot umetnino doživljamo tudi tragedijo, izpoved groze in trpljenje samo. Zapletene probleme in skrivnosti bomo razpletali ob aktiviranju prefrontalne skorje; gnus se nam bo zbudil ob aktiviranju inzule; in empatija ter potreba po imitaciji ob proženju zrcalnih nevronov.

Realnost, kot jo doživljajo možgani, ni veren odsev zunanjega sveta. V naših možganih se tiho, večinoma podzavestno, dogaja fascinanten proces: standardna fizika s svojimi večnimi in nespremenljivimi zakoni se tu, v neskončnih prepletih nevronske povezave kot metulj iz gosenice metamorfizira v neko drugo realnost. Veliko mehkejšo, nepredvidljivo, tako, ki nam bo omogočila, da bomo v objektivnem svetu preživeli: hitro, preprosto, učinkovito, čustveno in subjektivno realnost. Fiziko našega in samo našega življenja. Prav drobci te tihe, alternativne fizike (igre senc, perspektiv, globin, barv, tonov, besed, gibov) so izvor umetniku, ko nam – skozi prizmo svojih in naših višjih duševnih procesov in čustev – predaja svojo umetnino, nas s svojim umetniškim delom prepriča, gane, prestraši.

Pri proučevanju odnosa med možgani in umetnostjo nevroznanstvenik uporablja različne metode: od fenomenoloških opisov, primerov bolezenskih slik, do snemanja EEG, sledenja očesnim gibom, merjenja avtonomnih odzivov kože in evociranih potencialov, od snemanja potencialov ene same celice (v hierarhično vse višjih nivojih – od receptorske celice do celice, ki »prepozna« obraz babice ali

obraz Jennifer Ashton) do funkcijske magnetnoresonančne tomografije in drugih, hitro porajajočih se slikovnih metod. Omenimo še projekt Blue Brain, ki v tem desetletju na superračunalnikih IBM gradi simulacijo celotnih človeških možganov, nevron za nevronom, sinapso za sinapso.

Uporaba vsake od teh metod ima svoje resne omejitve: pomembno je že dejstvo, da preiskovancem praviloma kažemo kopije, ne originalnih del; velikokrat so te kopije, njihova velikost, osvetlitev, prilagojene laboratorijskim razmeram; laboratorijsko okolje (npr. aparatura za fMRI) je izrazito nenaravno in moteče; in z nekritično interpretacijo rezultatov lahko resnici storimo več škode kot koristi. Kot sta na primeru ocenjevanja lepote opozorila Kawabata in Zeki (2004) – ves čas se moramo zavedati, da rezultati nevroznanstvenih študij pomenijo le korelacije, ne vzročnih povezav.

## Umetnost vidnega (oko in možgani)

Še najbolj je ta dialog med nevroznanostjo in umetnostjo dovršen na področju vizualne umetnosti, slikarstva, kiparstva, filma; tu so – na poti med mrežnico, globokimi možganski strukturami, vidno skorjo in asociacijsko skorjo, pri graditvi in analizi linij, senc, barv, luminance, perspektive – pomembno delo opravili nevroznanstveniki Semir Zeki, Margaret Livingston in Vilayanur Ramachandran.

Na zgodnjih stopnjah vidnega procesiranja oko in možgani razgradijo vidno



Leonardo da Vinci: *Mona Lisa*, 1503–1504

podobo na osnovne elemente (svetlobne točke, linije, robove, barve, gib), na poznejših stopnjah pa jih – v skladu s hipotezo, ki si jo postavimo in pod nenehnim sočasnim vplivom procesov »od spodaj navzgor« in »od zgoraj navzdol« – rekonstruirajo v kompleksne podobe, v katerih se prepletata objektivna in subjektivna resničnost. Umetnik te zakonitosti pogosto uporablja, se s temi procesi včasih poigrava, včasih pa jih osvobaja logičnih okvirov in ustvarja nenavadne, nerealne upodobitve (kubisti, surrealisti).

Slika predmeta skozi strukture očesa (npr. leča) pade na mrežnico – če bo padla na centralne predele, bomo ugleдали majhne detajle; če bo padla na periferne dele mrežnice, bo prisotna le groba slika, bolj v obliki slutnje. Tako

percepcija senc in igra našega perifernega in centralnega vida lahko vsaj delno razloži skrivnost slavnega nasmeha Mone Lize. Naš centralni vid odkriva male detajle, periferni vid pa bolj grobe zabrisane poteze z manjšo resolucijo. Ko naše oči skenirajo obraz Mone Lize, se njen izraz spreminja: če s centralnim pogledom zajamemo usta, se nasmeh skoraj izgubi; če premaknemo pogled na njene oči, se skrivnostno spet pojavi; takrat namreč s perifernim vidom ujamemo sence njenih lic, ki podaljšajo linijo *sfumato* nasmeha.

V mrežnici so celice, pomembne za procesiranje svetlobe in barv. Bolezni, kot so degeneracija mrežnice (Degas), motnje v strukturah očesa (katarakta; Monet, Cassatt) in že sam proces staranja (Rembrandt, Tizian) bodo omejili spekter svetlobe in spremenili zaznavo senc, svetlobe in barv.

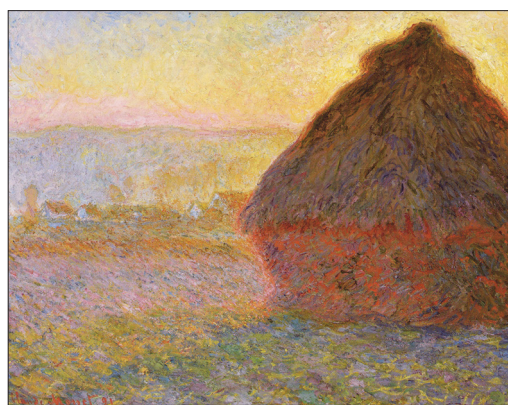
Vidna informacija bo z mrežnice nato potovala tako, da bodo elektrokemične spremembe zbudile globoke predele v možganih (talamus), kjer bo nastala že prva skica podobe, ki pa se je ne bomo zavedali. Sledil bo cel niz dogodkov: informacije z levih strani vidnega polja bodo končale v možganski skorji desne možganske poloble in informacije z desnih strani vidnega polja v možganski skorji leve možganske poloble, smiselno pa se bodo združevale prek snopa, ki povezuje obe polobli, *corpus callosum*. In vendar bo pri usmerjanju pozornosti na celoto prevladovala desna polobla; če bo prisotna poškodba (tumor, možganska kap) desne poloble, bomo sicer videli, a zanemarili levo polovico vidnega polja. Na nivoju možganske skorje zatilnega predela posamezne poloble se začneja niz čedalje bolj zapletenih procesov: v t. i. primarni vidni skorji bomo zavestno zaznali najosnovnejše elemente vidne strukture (svetlobne točke, svetlo-temno) in ko se bomo pomikali v stran od primarne vidne skorje v »višje« predele sekundarne in terciarne ter najvišjih asociacijskih skorij, se bo vidna podoba čarobno sestavljala – v linije, ploskve, obrise, v simetrije in asimetrije, v razpršene ali povezane skupine in se nato razdelila na dve poti. Eno, evolucijsko starejšo, ki bo potekala »zgoraj«, od zatilnega proti temenskemu režnju in bo odgovorna za prostorsko umeščeno (»kje« pot), in drugo, evolucijsko mlajšo, ki bo potekala »spodaj«, od zatilnega proti senčnemu režnju in vzdolž katere bo potekala analiza, prepoznavanje predmeta in barv (»kaj« pot). Pa tudi na tej stopnji je pomembna razlika med levo in desno možgansko poloblo; v levi prevladujejo semantični, verbalni, logični in analitični procesi, v desni pa holistični, neverbalni in vidno-prostorski, zlasti umeščanje perspektiv in projekcij lastnega telesa v prostor.

## Bolnik kot učitelj

Možganske bolezni ne glede na to, kateri predel možganov prizadenejo ali kaj jih povzroči, praviloma ne spremenijo sloga, estetskih preferenc ali specifičnih tehnik, ki jih umetnik uporablja ali opazovalec uživa. Ljubitelj abstraktne umetnosti jo bo še naprej cenil tudi po možganski bolezni in enako velja za ljubitelja renesanse.



Joseph Mallord William Turner: *Grad Norham (sončni vzhod)*, 1845



Claude Monet: *Kopicice sena (sončni zahod)*, 1891



Lovis Corinth: *Portret umetnikove žene Charlotte Berend-Corinth*, 1912

Vzrok je difuzna reprezentacija nevroloških zidakov estetske izkušnje. Nekateri umetniki bodo po možganski poškodbi razvili nove tehnike kot kompenzacija za senzorične, perceptivne in kognitivne omejitve. Motnje na različnih stopnjah vidnega procesiranja bodo sicer dale značilne klinične slike, ki pa se bistveno ne razlikujejo med umetniki in laiki.

Če bo npr. poškodovana »kje« pot, bo slika celote razbita, bolnikova zaznava bo kot pogled skozi razdrobljena stekla različnih dioptrij. Pri poškodbi »kaj« poti ne bomo prepoznali predmetov ali obrazov (objektna agnozija, prozopagnozija) in/ali ne zaznavali barv. Nekateri slikarji, ki sicer niso imeli nevroloških motenj, so ustvarjali slike, pri katerih slutimo, a ne prepoznamo predmetov ali scene (J. M. W. Turner, C. Monet); govorimo o vidni indeterminanci, občutku, ki je fenomenološko zelo blizu doživljanju

bolnika z objektno agnozijo. Ta spoznanja so omogočala nevroznanstvenikom (Farah, 2005), da so doživljanje predmeta/scene razbili na perceptivno stopnjo (graditev podobe iz senzoričnih elementov) in na konceptualno stopnjo (povezanost z znanjem o bistvu in pomenu predmeta/scene). Tudi z elektrofiziološkimi in slikovnimi študijami so pozneje potrdili, da se pri obeh stopnjah aktivirajo različni (na perceptivni stopnji »nižji« in na konceptualni stopnji »višji«) predeli možganov.

Motnje, ki zaradi poškodbe desne poloble povzročijo levostransko zanemarjanje, lahko pomembno vplivajo ne samo na doživljanje okolja, ampak tudi na umetniško ustvarjanje.



Taka primera sta slikar Lovis Corinth (1858–1925) in filmski ustvarjalec Luchino Visconti (1906–1976).

Lovis Corinth je bil znan po svojih izrazito telesnih zgodovinskih kompozicijah in portretih. Po možganski kapi v predelu desne hemisfere sta telesnost njegovih figur in njihova umeščenost v prostor postali manj izraziti, osiromašeni, še zlasti na levi strani (*Portret Charlotte Berend – umetnikove žene – in Avtoportet*). Tudi Luchino Visconti je pri 66 letih med snemanjem filma *Ludwig* utrpel kap v desni polobli. Filmi, ki jih je ustvaril pred boleznijo (*Senso*, *Il Gattopardo*, *La caduta degli dei*, *Ludwig*), so bili pregovorno skoraj teatersko scenski, s skrbnim dekorjem obvladovanih velikih panoramskih prostorov, kamor je predmete in igralce umeščal v presečišče treh kamer, se poigraval z



Luchino Visconti: prizor iz filma *Ludwig*, 1972

mozaiki prvo- in tretjeosebničnih prostorov in uporabljal t. i. tehniko *cross fading*, s spreminjanjem ozadja tako, da se je le-to razgrajevalo iz ene scene v drugo; tako je dosegal prepričljiv in realističen učinek časovnega, prostorskega in pripovednega toka. Kmalu po kapi je nadaljeval snemanje, a njegov slog se je – tako v nadaljevanju *Ludwiga* kot v zadnjih dveh filmih (*Gruppo di famiglia in un interno* iz 1974 in *L'innocente* iz 1976) očitno spre-



Luchino Visconti: prizor iz filma *L'innocente*, 1976

menil – tehniko *cross fade* so nadomestili bližnji posnetki (*close-up*), z igralci, pogosto frontalno obrnjenimi v kamero, in filme zaznamuje vtis nekakšne okornosti ter prelomljenih prostorov in scen, obenem pa pomik k izrazitejši uporabi barv.

## Človeški obraz

Nekatere podobe so evolucijsko pomembnejše in zato izrazito povezane z limbičnim sistemom emocij; primer je zaznava človeškega obraza, pa tudi dejstvo, s kakšno lahkoto v nestrukturiranem gradivu (morda abstraktne slike) razberemo človeški obraz. Zanimivo je, da so možganski engrami vidnih podob nekako

razvrščeni v skupine (živa bitja, predmeti, obrazi) in poškodba enega dela možganov lahko selektivno prizadene prepoznavo npr. samo rastlin, ne pa tudi živali. Obenem pa so te vidne podobe s širšimi povezavami in omrežji povezane z drugimi atributi videnega predmeta (rdeče – kisló – okroglo – kategorija sadež – hrustavo – notranji govor *jabolko*) v drugih predelih možganov. Opisane aktivnosti »od spodaj navzgor« pa se ves čas prepletajo z vplivi »od zgoraj navzdol« in s procesi motivacije, notranje homeostaze, pozornosti, čustev, znanja (čelni reženj, limbični sistem, hipotalamus, hipokampus) modulirajo naše občutenje pri ustvarjanju ali doživljanju umetniškega dela.

Zanimiv klinični primer, kaj se zgodi, če se zaradi bolezni ali poškodbe prekinajo povezave med predelom za prepoznavanje obraza (spodnji del senčnega režnja, *fuziformni girus*) in predelom za aktiviranje čustev (limbični sistem), je Capgrasov sindrom – če bomo bolniku pokazali fotografije istega obraza v različnih perspektivah, bo trdil, da gre za različne ljudi; in prepričan bo, da je njegov brat v resnici tujec, ki so ga spretno zamenjali za resničnega svojca.

## Osnovni vizualni elementi: linije, barve in kontrast svetlo-temno

Linije in razmejitve med svetlobo in temo so izjemno pomembne, predvsem s preživetvenega, evolucijskega stališča. Ni torej nenavadno, da so bile linije prva, najzgodnejša oblika likovne umetnosti, ki jo je ustvaril človek pred več kot 30.000 leti (*Nosorog*, jama Chauvet); taka upodobitev je zaznamovala tudi tisočletja egipčanske umetnosti. Tudi če so linije oziroma črte zelo shematične, bomo v njih prepoznali obrise živali, drevesa, človeškega obraza; po svoje je to nenavadno, saj v vsakdanji resničnosti črt ni. Hipna zaznava linij kot smiselna zaznava celote in strukturiranih delov je prisotna pri otrocih, pri vseh kulturah in tudi pri višjih primatih. To lahko razložimo z dejstvom, da zaznava linij aktivira tiste celice vzdolž vidnega sistema, ki odkrijejo kontrast med svetlobo in temo in so za preživetje vrste izjemnega pomena. Podobno lahko razložimo presenetljivo lahkoto zaznavanja človeškega obraza – bodisi tam, kjer je s hitrim gibom umetnik zarisal le ukrivljeno linijo, ali tam, kjer v obraz sestavimo skupino raskutih pack (bežna podoba oblaka, abstraktna slika) in tudi tam, kjer dražljaj sploh ni. Od kod ta veliki pomen zaznave človeškega obraza? Otrok, če naj preživi, mora že v prvih urah in prvih dneh skati tesno vez z materjo oz. s skrbnikom; že v prvih urah po rojstvu se otrok na obraz odziva drugače kot na druge podobe. In zato ni presenetljivo, da je prepoznavi človeškega obraza namenjen poseben del možganov, *fuziformni girus*, na bolj desni polobli možganov. Linije ali nestrukturirane podobe, v katerih pa razberemo obraz, vključijo še en del možganov – limbični sistem, predvsem *amigdalo*, ki v človeku zbudi (velikokrat nezavedna) čustva, zlasti strah in jezo.

Naslednje področje, kjer smo priča intenzivnemu dialogu med umetnostjo

in nevroznanostjo možganskih funkcij in umetnosti, je področje barv in svetlobe. Barve izhajajo iz aktiviranja treh vrst mrežničnih čepkov (modrih, rdečih in zelenih) in pozneje aktiviranja celic vzdolž »kje« pot. Pri svetlobnem zaznavanju se prepletajo in dodajajo aktivnosti čepkov ter zbujejo subjektiven občutek osvetljenosti določenega območja. Po navadi barvni kontrast povzroči tudi svetlobni kontrast, ne pa vedno. V znani sliki Clauda Moneta *Impresija: vzhajajoče sonce* / *Impression: Soleil levant*,<sup>1</sup> kjer oranžno sonce kar trepeta od svetlobe, je svetlobna vrednost naslikanega sonca enaka osvetljenosti okolja, zato, če gledamo sliko v črno-beli tehniki, ki barvno vrednost eliminira, sonce preprosto »izgine«.



Claude Monet: *Impresija: vzhajajoče sonce*, 1872. V barvni različici.



Claude Monet: *Impresija: vzhajajoče sonce*, 1872. V črno-beli različici.

Zanimivo je tudi, da upodobitev senc zahodna umetnost pozna od antike, vzhodna pa jih upodablja šele od nedavnega (Gombrich, 1995). Kako zlahka nas prepričajo tudi z zakoni fizike popolnoma nezdružljivi koti in velikosti senc (*Rojstvo device/ Nascita della Vergine* renesančnega umetnika Fra Carnevala), kadar so le za odtenek temnejši in če niso preveč telesni (Luca Signorelli).

## Jaz, ti, mi – vprašanje univerzalij

Doživetje lepega, estetsko zadovoljivega, umetniškega – to je seveda v veliki meri zelo subjektivna ocena posameznika, eno tistih dogajanj, ki bodo v njegovem življenju ostala najbolj intimna, težko opisljiva in težko primerljiva. V veliki meri nam je tudi zato umetnost v svojevrstno uteho – omogoča umik iz te »doline

<sup>1</sup> Slika *Impresija: vzhajajoče sonce* je bila ustvarjena v Le Havru leta 1872 in je, razstavljena na razstavi dve leti pozneje, impresionizmu dala tudi ime.

solz« (Penrose, 1993). A iz dejstva, da smo kot vrsta razvili določene možganske mehanizme za vid, sluh, gib, čustvo, pozornost, lahko sklepamo, da bodo določene značilnosti dražljaja oz. informacije v veliki večini ljudi zbudile občutek estetskega doživetja. Ti skozi dolgo evolucijo oblikovani mehanizmi so bili vzpostavljeni predvsem zato, da smo odkrili pomembna dejstva (tri rjave lise so del enega telesa, visokofrekvenčen je opozorilni krik, ki zahteva takojšen beg) in potencialno nevarne dražljaje (simetričen predmet – živo bitje?). Ni čudno, da opisani mehanizmi aktivirajo čustva ugodja ali čustva strahu in da so temelj za splošne zakone estetskega doživetja, za univerzalije. Primeri univerzalij na področju vizualne umetnosti so poudarek vrha, združevanje v skupine in povezovanje, kontrast in simetrija.

- *Poudarek vrha (peak shift)* označuje poudarek bistvene lastnosti, esence, in opustitev manj pomembnih značilnosti določenega vidnega dražljaja (esenca ženskega telesa, rdečega, pravokotnega, gorskega). Ta princip obilno uporabljajo tako prvi, neznani umetniki v zori človekove zgodovine (*Willendorfska Venera* – princip ženskosti in rodnosti), kot tudi umetniki sodobnih umetniških zvrsti (sončnice van Gogha, kubisti, Picasso). Po navadi se uporablja v karikaturni, je pa prisoten tudi v drugih umetniških zvrsteh. Umetnik lahko poudari tudi druga dejstva (esence): npr. barvo, sence, perspektivo, primordiale, srh zbujačo zvoke v kompoziciji. Področja, kjer se ustvarjajo esence, imajo bogate povezave z limbičnim sistemom in je zato njihovo doživetje pogosto obarvano s čustvi.
- *Združevanje v skupine in povezovanje* posameznih nepovezanih elementov vidne (na pogled nepovezani madeži, v katerih nenadoma ugledamo dalmatince ali zebre) ali slušne pokrajine olajšuje zaznavo predmetov in ima neprecenljivo preživetveno vrednost. Zato ne preseneča, da samo odkritje povezanosti med posameznimi elementi – zlasti če potrdimo svojo »hipotezo« (da, to je samo šum vetra v vejevju) vzburi limbična področja za ugodje in nagrado. Pomembno je tudi poznejše povezovanje med elementi in med čustvenim, limbičnim sistemom.
- Odkritje *kontrasta* izzove prav tako »koristno ugodje« – daje nam podatek, da se tu končuje prvi in začne drugi element.
- Po navadi čutimo večje ugodje in občutek lepega ob opazovanju simetričnih struktur in manj ugodja ob opazovanju asimetričnih. *Simetrija* oz. *asimetrija* predmeta je odkrita zelo zgodaj v procesu vidnega procesiranja (Julesz, 1971), kar ji daje posebno evlucijsko težo; ena od razlag izhaja iz dejstva, da je večina pomembnih elementov v okolju (živa bitja – morebiten sovražnik ali partner) simetrične strukture.



Slika 10: *Willendorfska Venera*, 28.000–25.000 pr. n. št.

## Enigma abstraktne umetnosti

Univerzalije torej pogosto odražajo evlucijsko pomembne mehanizme v delovanju vidnega spomina. V zvezi s tem je nenavadna vloga abstraktne umetnosti, ki je v likovni umetnosti nastala šele pred stoletjem. Mogoče je, da čutimo zadovoljstvo ob gledanju abstraktne umetnosti (tudi zato, ker nas nekako osvobaja diktata z vsakdanom povezanih preživetvenih mehanizmov. Dovoljuje nam, da se poigravamo z neobjektnimi asociacijami osnovnih gradnikov – točk, linij, barv – in da namesto od realnosti odvisnih možganskih stanj ustvarimo globlja, bolj ponotranjena, ki so tudi pomembna za ravnotežje duha. Doživimo jih kot nagrado, jih pa po navadi teže dosežemo. V prid tej razlagi govorijo rezultati slikovnih študij, da abstraktna umetnost ne aktivira kakega za abstraktno umetnost specifičnega možganskega predela (Kawabata in Zeki, 2004), in študij očesnih gibov (*eye tracking*), ki pri reprezentacijski sliki sledijo logiki vzorcev in pomena, pri abstraktni sliki pa se zrkla pomikajo popolnoma nepredvidljivo in svobodno (Taylor in dr., 2011).

## Umetnost glasbe, plesa in literature

Na področju glasbene umetnosti raziskovalci proučujejo preplet prenosa zvoka po mediju, delovanja slušnih receptorjev v notranjem ušesu, aktivnosti slušnega živca, slušne skorje in sosednjega limbičnega – za čustva odgovornega – predela in opredeljujejo temeljne gradnike glasbe (višina, ritem, tempo, barva zvoka, glasnost, prostorska lokalizacija, reverberacije) in iz njih izhajajoče koncepte (melodija in harmonija). Skušajo odgovoriti, zakaj določena kombinacija ritma, barve in višine zvoka zbudi posebno razpoloženje in odgovarjajo na stoletja staro vprašanje Georgea Berkeleyja, ali drevo, ki pade v samotnem gozdu, povzroči zvok. (Odgovor je nikalen, saj padec po zraku sicer prenese tresljaje, ni pa možganov, ki bi te vibracije prevedli na mehansko in elektrokemično pot do mentalne izkušnje zvoka.)

Ples je ob petju evlucijsko ena najstarejših oblik umetnosti, saj je bolj kot na miselni svet vezan na telo. V preteklosti – in pri izoliranih skupnostih tudi danes – so družbene skupine uporabljale »ples« (zaporedje določenih gibov, ritmov) za simulacijo lovskih zgod in nezdod, za šamanistične obrede, za zblíževanje med člani, za razvijanje spretnosti in moči. V velikem delu Afrike je še danes popolnoma nerazumljivo, da nekdo ne bi znal plesati (ali peti). Za področje plesa so posebej pomembni parietalni in frontalni predeli in z njimi povezani procesi zaznavanja giba in imitacije, zlasti pred kratkim odkrit sistem zrcalnih nevronov.

Nevroznanost besedne umetnosti (literature) je na samem začetku; večina študij proučuje osnovne vidike literature (pisanje, branje, fonemi...). In vendar se zdi, da smo nevrobiološko ustvarjani za zgodbo: pomembni deli možganov (zadnji parietalni reženj, *hipokampus*, prefrontalna skorja) vzdržujejo časovno dimenzijo Jaza in jo gradijo v avtobiografsko smiselno konstrukcijo. Možgani potrebujejo pri-

poved, zgodbo, vsebino; če je ni, jo bodo ustvarili sami (konfabulacije, halucinacije, iluzije). Literatura je lahko čisti užitek (ritem, onomatopeja). A kot pravi Horacij, ni namen literature samo, da razveseljuje, saj beseda tudi poučuje. S poslušanjem, pripovedovanjem, zapisovanjem in branjem pripovedi lahko preigravamo miselne eksperimente, spoznavamo realnost, ki je morda sami še nismo izkusili, krepimo pozornost, logiko, (prefrontalna skorja), se identificiramo in (so)čutimo z drugimi (zrcalni nevroni).

Raziskovalci sicer že dolgo vedo, da pripovedi aktivirajo klasične govorne in jezikovne centre (Brocov in Wernickejev predel); šele v zadnjih letih pa so odkrili, da se ob govornih centrih aktivirajo tudi drugi deli možganov. Ko preberemo ali slišimo besedo »vrtnica« ali »sivka«, se aktivirajo tudi predeli za vonj; to je vzrok, da nekatere novele doživimo tako živo. Metafore kot »misel je zaskelala« in »svileni dotik roke« spremlja aktiviranje ustreznih, z bolečino in sensoriko povezanih možganskih predelov. Opisi, ki so povezani z gibi (»stisnil ji je roko« in »z desno nogo je močno pritisnil na zavoro«) poleg govornih centrov aktivirajo tudi dele motorične skorje – za roko v prvem in za nogo v drugem primeru.

Ob branju literarnih del (novel, esejev, romanov, poezije) nam zamišljene podobe pokrajin, odnosov med ljudmi, občutenja različnih razpoloženj in čustev, zven monologa ali dialogov skozi dimenzijo notranjega govora zbuja tiste predele možganov, ki so aktivni pri resničnem doživljanju teh pokrajin, odnosov, čustev in pripovedi. A literarne pripovedi omogočajo še več – odpirajo nam vrata v sensoriko, zaznavo, misli, čustva, namene in doživljanja sočloveka. Ko spremljamo socialne odnose ali zdrsnemo v telo in misel enega od junakov, doživimo celovito izkušnjo »teorije uma«.

Velik izziv za nevroznanost pa je študij filmske in gledališke umetnosti, saj gre za izrazito večmodalne (scena, govor, mimika, glasba, kretnje) dejavnosti.

## Umetnik kot nevroznanstvenik

Umetniki so se že od nekdaj (nezavedno ali zavestno) trudili, da bi odkrili zakonitosti in mehanizme svojega ustvarjanja, s katerimi bodo lahko vplivali na tistega, ki sprejema njihovo umetnino. Umetniki skušajo posredovati gledalcu intenzivno izkušnjo, ki praviloma zajame tudi čustva; v možganih umetnina aktivira predele za čustva, predele za intuitivno analizo in – če se zmoremo projicirati v umetniško delo tudi skozi svoje čute in skozi svoje telo – tudi procese utelešene kognicije. Aktiviranje čustev povezujemo z limbičnim sistemom, intuitivno analizo predvsem z desno možgansko poloblo in globljimi predeli možganov, utelešeno kognicijo pa z zrcalnimi nevroni, možganskim sistemom, ki omogoča, da čutimo trpljenje, radost, bolečino in namere sočloveka kot svoja lastna občutja.

Umetnik je nevroznanstvenik, je zapisal Cavanagh (2005), Joan Miró pa to elegantno izrazil z mislijo, da je umetnost odkrivanje abecede duševnega. Umetnik

seveda uporabi tiste možganske mehanizme, ki so mu na voljo; mnogi so prastari in so bili nekoč namenjeni popolnoma drugim funkcijam (strukture ugodja, strukture, povezane s strahom); drugi so nastali v poznejšem procesu natančnejšega oblikovanja senzorične informacije (primarna, sekundarna in terciarna možganska skorja); tretji v evolucijsko najmlajših procesih razmišljanja, uravnotežanja čustvenega in razumskega in vse bolj abstraktnega ter v svet virtualnega zazrtega delovanja (prefrontalni predeli). Zdi se, da pri občutenju umetniškega dela sledimo samo za naše življenje ustvarjenim zakonitostim, te pa praviloma in velikokrat temeljijo na univerzalnih zakonih, ki vsrkavajo iz bioloških in evolucijskih vzorcev delovanja naših možganov.

Kako torej vidimo barve, dojemamo globino, doživimo harmonijo zvokov, ustvarimo prelivanje preprostih gibov in ritmov v prepričljivo motorično pripoved? To se sprašujeta in na to odgovarjata oba, tako umetnik kot nevroznanstvenik. In – kakšen privilegij in priložnost! – oba sta obsojena tudi na vlogo drugega.

## Literatura

- BALTER, MICHAEL (2009): New work may complicate history of Neanderthals and H. Sapiens. *Science* 326: 224–225.
- BOYD, BRIAN (2005): Evolutionary Theories of Arts. V *The Literary Animal: Evolution and the Nature of Narrative*, J. Gottschall in D. S. Wilson (ur.), 147–177. Evanston, IL: Northwestern University Press.
- BOWLES, SAMUEL (2009): Did warfare among ancestral hunter-gatherers affect the evolution of human social behaviors? *Science* 324: 1293–8.
- BRAQUE, GEORGES (1971): *Notebooks 1917–1947*. New York: Dover.
- CAVANAGH, PATRICK (2005): The artist as neuroscientist. *Nature* 434: 301–307.
- CELA-CONDE, CAMILO J., GISELE MARTY, FERNANDO MAESTÚ, TOMÁS ORTIZ, ENRIC MUNAR, ALBERTO FERNÁNDEZ, MIQUEL ROCA, JAUME ROSSELLÓ IN FELIPE QUESNEY (2004): Activation of the prefrontal cortex in the human visual aesthetic perception. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 101(16): 6321–6325.
- CHATTERJEE, ANJAN (2004a): Prospects for a cognitive neuroscience of visual aesthetics. *Bull. Psychol. Arts* 4: 55–59.
- DE WAAL, FRANS B. M. IN PETER L. TYACK (UR.) (2003): *Animal Social Complexity: Intelligence, Culture, and Individualized Societies*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- DI DIO, CINZIA, EMILIANO MACALUSO IN GIACOMO RIZZOLATTI (2007): The golden beauty: brain response to classical and renaissance sculptures. *PLoS ONE* 11. Dostopno na: <http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0001201> (20. september 2016).
- ENARD, WOLFGANG, MOLLY PRZEWORSKI, SIMON E. FISHER, CECILIA S. L. LAI, VICTOR WIEBE, TAKASHI KITANO, ANTHONY P. MONACO IN SVANTE PAABO (2002):

- Molecular evolution of FOXP2, a gene involved in speech and language. *Nature* 418: 869–872.
- FARAH, MARTHA (2004): *Visual Agnosia*. Cambridge, MA: MIT Press.
- FECHNER, GUSTAV (1876): *Vorschule der Aesthetik*. Leipzig: Breitkopf & Härtel.
- FISHER, SIMON E. IN CONSTANCE SCHARFF (2009): FOXP2 as a molecular window into speech and language. *Trends in Genetics* 25: 166–177.
- GOMBRICH, ERNST H. (1995): *Shadows*. London: Nat. Gallery Pub.
- HALPERN, ANDREA R., JENNY LY, SETH ELKIN-FRANKSTON IN MARGARET G. O'CONNOR (2008): I know what I like: Stability of aesthetic preference in Alzheimer's patients. *Brain and Cognition* 66: 65–72.
- JULESZ, BELA (1971): *Foundations of Cyclopean Perception*. Chicago, IL: University of Chicago Press.
- KAWABATA, HIDEAKI IN SAMIR ZEKI (2004): Neural correlates of beauty. *J. Neurophysiol.* 91: 1699–1705.
- LIVINGSTONE, MARGARET (2002): *Vision and Art: The Biology of Seeing*. New York: Abrams.
- MACE, RUTH (2009): On becoming modern. *Science* 324: 1280–1281.
- MILLER, GEOFFREY F. (2001): Aesthetic fitness: How sexual selection shaped artistic virtuosity as a fitness indicator and aesthetic preferences as mate choice criteria. *Bulletin of Psychology and the Arts* 2: 20–25.
- PENROSE, RONALD (1973): In praise of illusion. V *Illusion in Nature and Art*, R. L. Gregory in E. H. Gombrich (ur.), 245–284. New York: Charles Scribner's Sons.
- POWELL, ADAM, STEPHEN SHENNAN IN MARK G. THOMAS (2009): Late Pleistocene demography and the appearance of modern human behavior. *Science* 324: 1298–1301.
- RAMACHANDRAN, VILAYANUR S. IN WILLIAM HIRSTEIN (1999): The science of art: a neurological theory of aesthetic experience. *J. Conscious. Stud.* 6: 15–51.
- SNOW, CHARLES PERCY (1993): *The Two Cultures*. Cambridge: Cambridge University Press.
- TAYLOR, RICHARD PETER, BRANKA SPEHAR, PAUL VAN DONKELAAR IN CAROLINE M. HAGERHALL (2011): Perceptual and physiological responses to Jackson Pollock's Fractals. *Front. Hum. Neurosci.* 5. Dostopno na: <http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fnhum.2011.00060/full> (20. september 2016).
- ZAIDEL, DAHLIA W. (2010): Art and brain: Insights from neuropsychology, biology and evolution. *Journal of Anatomy* 216: 177–183.
- ZEKI, SEMIR (1999): Art and the brain. *J. of Conscious. Stud.* 6: 76–96.