

NAGY ZOLTÁN

A műtárgyak befogadásának neurobiológiája

Neuroesztétika

A neuroesztétika új tudományterület, amely az agykutatás és a neuropszichológiai kutatások módszertanának alkalmazásával igyekszik feltárni a műalkotások befogadásának idegéletteni jelenségeit. A kognitív pszichológia a műalkotások észlelésétől a felismerés, kognitív feldolgozás és az érzelmi viszonyulás lépéseit számos szellemes vizsgálattal tárta fel. Új lehetőséget jelentett és jelent a kutatásban a modern képalkotó eszközök alkalmazása e folyamatok topografikus megjelenítésében. A kutatásban a legfontosabb eszköz a funkcionális MRI vizsgálat, de az új nagyfelbontású EEG vizsgálatok további adatokat szolgáltatnak a jelenségek megértéséhez. Ugyancsak új szemléletet hozott a hálózatok kutatás módszertana az aktív agykérgi és mélyebb struktúrák térbeni és időbeni mintázatának elemzéséhez. A modern képalkotás nem valósulhatott meg az alkalmazott matematika, a számítástechnika és az adatfeldolgozás felgyorsulása nélkül. Ezek azok a peremfeltetelek, amelyek a természettudományok és a humán tudományok ismereteit új szinten képesek ötvözni. Szép példa erre a neuroesztétika.

A neuroesztétika mint új tudományterület, Semir Zeki munkássága alapján terjedt el az ezredfordulón. Az ilyen irányú tudományos érdeklődés azonban nem új, Alexander Baumgarten a XVIII. század közepén már foglalkozott a képi érzékeléssel. Az agyi képalkotás fejlődése, a dinamikus képalkotás, vagyis az emberi agy működésének láthatóvá tétele új lendületet adott az agykutatásnak, újabban az agyi hálózatok kutatásának. Ez a fejlődés tette lehetővé, hogy a szépség elméletében a filozófiai, pszichológiai megközelítés mellett megjelenjen a neurobiológiai megközelítés is. Az esztétika a művészet elmélete; szociális, institucionális, történeti, ismeretelméleti összefüggésben vizsgálja a műalkotások keletkezésének és befogadásának folyamatát. Ezzel szemben, a neuroesztétika a művészi alkotásnak az alkotóban, műélvezőben, befogadóban lejátszódó kognitív neurobiológiai eseményeket, a műalkotás hatására kialakuló agyi folyamatokat kívánja elemezni az érzékeléstől (például a látástól), annak pszichofiziológiájától kezdve a kognitív pszichológián át az agy funkcionális morfológiai elemzéséig.

A látás, a vizuális inger feldolgozása

A szembe jutó fényhullámok aktiválják a szem látóhártyájában, a retinában a fényérzékelő sejteket, a pálcikákat és csapokat. A sejtek egy speciális részén a belső diszkusz membránjában lévő fehérje, a rodopszin egyik alkotó molekulájában, a retinálban

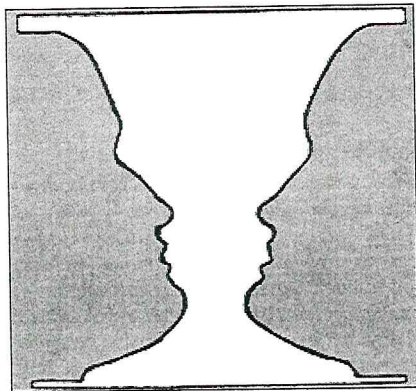
konformációváltozás jön létre, a 11-cisz formából teljes transz formába billen át a molekula, tehát a fényhullám térbeli szerkezetváltozást okoz. A jelenség újabb vélekedések szerint kvantumbiológiai szinten zajlik. Ez az egy foton által indukált változás a G-protein, majd a ciklikus-GMP által aktivált nátrium- és káliumcsatornáinak megnyílásával a fényérzékelő sejtekben akciós potenciált gerjeszt. A látóhártyában, a retinában 5 különböző típusú neuron, a retinára merőleges pálcikák, csapok, bipoláris sejtek, a retinával párhuzamosan futó amakrinsejtek, illetve a ganglionsejtek integrálják a fényingert. A ganglionsejtek hosszú nyúlványai, axonjai a látóidegön keresztül kötegekbe rendeződve alkotják a látóideget. Már ezen a szinten is aktív és gátolt területekből kialakuló mintázat jön létre. A mozgás, illetve a finom részletek és a szín (fény spektrum meghatározott hullámhosszú része) külön-külön továbbítódik rajtuk. A pályából leváló rostok részben a pupillareakciót, részben a szemmozgás szabályozását vezérlik. Ezekről a funkciókról azonban az írásban nem lesz szó. Annál érdekesebb számunkra az első átkapcsolás helyének a szerveződése, az agy mélyén elhelyezkedő páros, tojás alakú magcsoport, a talamusz, ami a legfontosabb átkapcsoló állomás az érzékszervek és az agykéreg között. A talamusz speciális magcsoportjában, az oldalsó térdestestekben (*corpus geniculatum laterale*) a részben keresztvezető rostok az ellenoldali szem, orr felé eső retinafeléből a 6 rétegű mag 1,4,6-os rétegeiben, míg a nem keresztvezetett azonos oldali szem külső retinafeléből a rostok a 2,3,5-ös rétegeiben végződnek. Így integrálódik a térbeli

látásnak megfelelően a két szem két látótere. Itt különválnak az M és P kontingens. Az M elsősorban a mozgásérzékelés közvetítésében, míg a P rostcsoport átkapcsolódása a finom érzékelés és a színek érzékelésében játszik szerepet. A kétfajta minőség tehát anatómiailag elkülönül, de az ingerprocesszálas párhuzamosan történik. További lényeges adat, hogy ebben az átkapcsoló állomásban a retina eredetű rostok az összes belépő rostállományuk csupán a 10–20%-át képezik. A többi rost az agytörzsi ébresztő rendszerből, illetve az agykéreg különböző területeiről érkezik. Ez már ezen a szinten is arra utal, hogy a látással párhuzamosan az éberségi szint és az agykérgi visszacsatolás is formálja a vizuális ingerületet. Innen indul a látópálya az elsődleges látóközpontba (V1), a nyakszirti lebenybe. A lebeny csúcán elhelyezkedő agyterület, megőrizve a látótér elrendeződését, 6 rétegű szerkezetben és ugyanakkor oszlopokban rendeződő sejtcsoportokban dolgozza fel a vizuális ingerületet. A fő bemenet ezen a szinten a 4-es sejtréteg, ami szinte kizárólagosan a *corpus geniculatum laterale*-ből kapja a rostokat. Az aktivált és gátolt sejtek szabályos elrendeződése ezen a szinten is kimutatható. Az ingerfeldolgozáshoz gazdag kapcsolatrendszer érkezik az agy legkülönbözőbb területeiről, és az ingerület a továbbiakban a másodlagos, harmadlagos látóközpontba, illetve az agykéreg különböző funkciójú területeire jut el. A látást és a vizuális ingerfeldolgozását az agykutatás legkülönbözőbb módszereivel vizsgálják az anatómiai élettani szinttől kezdve a modern képalkotó módszerek alkalmazásáig.

Az írás a Semmelweis Egyetem Kórélettani Intézetében, a Rosivall László professzor által meghirdetett, A művészet kórélettana című speciális kollégiumon 2016. április 27-én tartott előadás alapján készült

A vizuális kép, a mű befogadásának pszichofiziológiája

A látással kapcsolatos pszichofiziológiai kutatások a vizuális érzékelést tágabb összefüggésben elemzik, így vizsgálják az érzékelésen túl az észlelést, az ehhez kapcsolódó figyelmi működést, a tanulást, jutalmazást, emlékeztést és a folyamatot kísérő érzelmi



1. ábra. Az úgynevezett Rubin-váza. A képen az alakzat felismerése alapján két profil, illetve egy serleg azonosítható. A „billegő” felismerés tipikus példa a „top-down”, felülről lefelé értelmezésre

színezet alakulását, végül az ehhez kapcsolódó döntéshozatali folyamatát. Az alaklélektan ezen túlmenően az egyensúly, az alak, a formafejlődés, a tér, a fény, a szín, a mozgás, a dinamika, a kifejezés pszichológiai hatását vizsgálja, mely jelenségek közel állnak egy festmény, egy műtárgy szemlélése közben kialakuló pszichés történésekhez (Arnheim 2004). A kétértelmű ábrák értelmezésének pszichés folyamata még közelebb visz a kortikális, agykéregszintű képfeldolgozás, a megértés pszichológiai folyamatához.

Ezeknek az ábráknak az értelmezése a szemléelőben előzőleg már meglévő hipotézisek mentén „top-down” típusú módon történik, ahol a kérgi „kifáradás” okozza a billegő, kétféle képfelismerést (1. ábra). A műalkotások észlelésében Semir Zeki kutatásai nagy előrelépést jelentettek. Két alapvetet tekintett fontosnak:

1. *Az állandóság elve (constancy):* a felhalmozódott vizuális tapasztalatok alapján az agyban kialakul a lényeges alaki elemek alapján a tárgy fogalma. A forma (pl. tárgy, arc) felismeréséhez agykérgi működés szükséges. Egy ismert arcot oldalról is felismerünk, mert az emlékezetben elraktározott lényeges elemek alapján agyunk kiegészíti a látottakat a tárolt adatok pl. az arc „ideája” alapján. A művész is így dolgozik, a meglévő „ideára”, absztrakcióra alapozva hozza létre a műalkotást. Az absztrakt fogalmat vizualizálja.

2. *Az elvonatkoztatás (abstraction):* a

limitált memóriakapacitás miatt történik az elvonatkoztatás, vagyis az absztrakt, a „lényeges” elemei raktározódnak el. Az ábrázoló művészi alkotás megjeleníti, externalizálja az agy absztrahált ismereteit. Kérdés, hogy ez a folyamat hogyan zajlik a nem ábrázoló modern alkotásokban.

Vilayanur Ramachandran indiai származású neurológus, akinek kognitív pszichológiai kutatásai korszakosak, ezen a területen is fontos megállapításokat tett. Nyolc alapvetet határozott meg, ezekből a leglényegesebbek a következők:

1. *Peak shift principium,* a lényeg kiemelése, eltűlése, karikatúraszerűsége. Művészi alkotás hatására az agy „kortikolimikus” választ ad. A szín, a mélység, a mozgás a legfontosabb ingerek, amelyek lényegyet kiemelő, túlhangsúlyozó hatásúak.

2. *A perceptuális csoportosításnak,* az ingerek összekapcsolódásának direkt megerősítő szerepe van. Ha az elemi vizuális elemek értelmes egységekké állnak össze, azt értelmezve, megkönnyítik a feldolgozást, felismerést és raktározást a memóriában. A közel 24 vizuális feldolgozásban szerepet játszó agyi struktúra hierarchikus aktiválódásában a felismerés belső jutalmazással jár, ezt nevezhetjük a felismerés „aha” élményének. A mozgás-, szín-, mélység-, forma-, vonalérzékelés hálózatban működik. Minden egyes elemnek van kapcsolata a limbikus rendszerrel, ami a figyelmet aktiválja. Itt is megjelenik a látás élettani-anatómiai ismertetésénél hangsúlyozott jelenség, hogy minden szinten kapcsolat van a kérgi területekkel, illetve a jutalmazó rendszerrel.

3. *A Gestált grouping principium* azt jelenti, hogy a kép megragadásánál a kép egészében csoportos elemeket igyekszünk ösztönösen keresni, mégpedig olyanokat, amelyek kellemes érzetet okoznak. Így a görbülő vonalak sorában az egymás felé görbülő vonalakat értelmezzük egységként () () () () a zárójelek sorában.

4. *Izoláció, figyelemfelhívás.* A műalkotásban, a vizuális érzékelésben egy-egy modalitásnak kiemelt szerepe van. A vonalaknak erősebb pszichológiai hatásuk van, mint a felszíni textúrának. Így egy vonalas, karikatúraszerű portrének általában erőteljesebb a hatása, mint egy lágyan megfestett arcképnek.

5. *A kontrasztkiemelés, megerősítés* törvénye ugyancsak a rajz hatásosságát emeli ki, ahol a megerősítés jelensége is szerepet játszik. A színkontraszt, a mozgáskontraszt speciális sejtcsoportok izalmát idézi elő.

6. *A szimmetriára törekvés elve.* A szimmetria kellemes érzetet, biztonságérzetet kelt, a vizuális feldolgozás korai, gyermekkori életszakaszában kialakult élményekre utal. Ezt fejezi ki például a gyerekek kaleidoszkóp iránti érdeklődése, vonzalma. A biológiailag fontos és korán bevett élményekben szimmetria van.

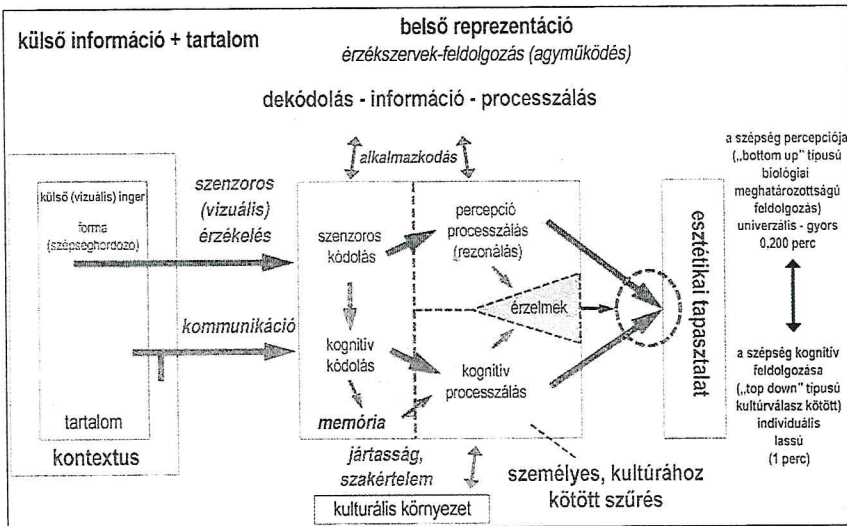
7. *Az esetlegesség kerülése (generikus elv),* vagy ennek éppen hangsúlyozása, és végül az *ismétlés, a ritmus* és a *rendezettség* képi megjelenítése biztonságot, harmóniát sugall (lásd görög-római építészet), vagy ennek céltudatos megsértése bizonytalanságot, szorongást kelt.

Szociokulturális kapcsolatok

Aligha vitatható, hogy a műalkotások mélyen beágyazottak egy korszak szociális, kulturális, tradicionális kontextusába. Ez neurobiológiai szempontból részben a memória működéséhez, a halánték- és homlokleány különböző területeinek aktivitásához kötött. Szerepet játszik benne a hagyományozott értékrend elfogadása, a tradíciók szerinti értékítélet, vagy éppen a lázadás ellene (lásd pop art irányzatot). A szociális normaképzés, „ez szép, tetszik, ez nem szép nem tetszik” kategóriák kialakítása jelentősen kötődik az oktatáshoz, annak súlypontozottságához, a kisközösségi, családi szokásokhoz (pl. képtárlátogatás gyakorisága), illetve a műalkotásokkal kapcsolatos ismeretek színvonalához és mennyiségéhez. A műalkotás szemlélésének, befogadásának, pozitív értékítéletek kialakulásának folyamatában tehát a képfeldolgozás neurobiológiai folyamatai mellett a tanulás, az emlékeztés, az intellektust meghatározó tényezők, tehát a szociokulturális beágyazottság a másik meghatározó faktor.

**Új módszerek az agykutatásban
Egy ambiciózus kísérlet az esztétikai élmény neurobiológiai értelmezésére**

Az agykutatás korunk meghatározó és gyorsan fejlődő kutatási iránya, ami nemcsak az idegrendszerhez köthető betegségek gyakoriságának növekedése, az erre fordított források emelkedése miatt kap ekkora figyelmet, hanem az agyműködés megértésére vonatkozó törekvés miatt is. Az agy szemmel megfigyelhető szerkezete évszázadok óta ismert. A betegségek miatt kialakult tünetek és az agykárosodás összetevése jelentette a XIX–XX. század fordulóján az alapvető megfigyeléseket az agyi szerkezet és funkció összevetésére. Ma már a képalkotással, az agyi hálózatok kutatásával az agyi működés megértésében jelentős a fejlődés. Ezen a területen két módszert kell röviden ismertetni. A funkcionális mágneses rezonancia vizsgálat alapját egyrészt a mágnes hatására létrejövő, a szerkezetet alkotó molekulák elektronhéjának deformálódása, illetve azt követően annak helyrebillenése képezi az elméleti alapot, továbbá az a megfigyelés, hogy a fokozottan működő agyterületek helyén magasabb a véráramlás és intenzi-



2. ábra. Az esztétikai tapasztalat kialakulása (Redies közlése alapján, 2015 Front. Hum. Neurosci)

vebb az oxigén felhasználása. Ez a mágneszettségben olyan változást okoz, ami a képalkotás alapja lehet. Ez az alapja a funkcionális mágneses agyi rezonancia vizsgálatnak. A másik egyre kiterjedtebben alkalmazott képalkotási módszer a nagyfelbontású elektroencefalográfián (EEG) alapuló aktivitási térkép. Ezeket a módszereket alkalmazták és jelenleg is alkalmazzák a műalkotások szemlélése során végzett képalkotó vizsgálatokhoz.

Az első, a neuroesztétikai témákkal foglalkozó, a 2006-ban Oxfordban megrendezett „Making sense of art, making art of sense” konferencia volt, ahol művészek, bölcsek, agykutatók találkoztak. A 2009-es konferencián (Copenhagen Neuroaesthetics Conference) a szakemberek meghatározták az új tudományág helyét, kérdéseit, módszereit, kutatási célkitűzéseit, miről Naadal és Pearce (2011) közleményben számoltak be. A modern képalkotók nyújtotta új módszertani lehetőségre támaszkodva 2004-től kezdődően egyre több tanulmány született a műtárgyak befogadására, esztétikai hatásának neurobiológiájára vonatkozóan. A legfontosabb témák a következők voltak: Mi a biológiai alapja az örömezésnek a műalkotás élvezete során? Az *empathy*, vagy *Einfühlung* érzésének elemzése, a percepció emocionális hatása, az emocionális tapasztalat a művész és a műélvező részéről.

A betegek képzőművészeti alkotásainak elemzése lehetőséget kínál mind az alkotási folyamat jobb megismerésére, mind magára a kórállapot elemzésére. A klinikusok körében régi tapasztalat, hogy különböző organikus idegrendszeri, vagy pszichés betegségek során a beteg önkifejezési igénye esetenként kreatív, alkotó (képző-, vagy iparművészeti) tevékenységet eredményez. Itt a kutatók az agypatológia lokalizációs

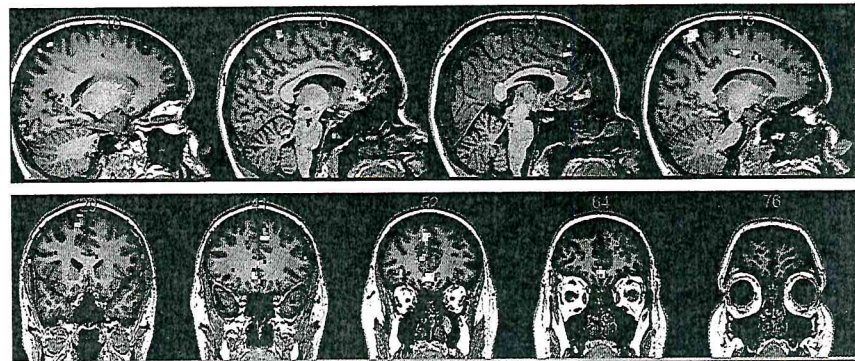
vonatkozásait és a keletkezett műtárgyak, festmények, grafikák művészi jegyeit, annak alakulását igyekeznek elemezni, összefüggését feltárni (Jakab 1998, Hárdi 2004, Brugger és mts. szerkesztésében *Kunst und Wahn*). Ugyanakkor ezek az alkotások valós esztétikai értéket képviselhetnek. Az általános érdeklődés, sőt a műkereskedelem is egyre nagyobb érdeklődéssel fordul az így keletkező műalkotások felé (lásd az *art brut* egyre növekvő népszerűségét).

A műalkotás, a kép megsemmisítése során a vizuális inger a látás pszichofiziológiai hatásai alapján, több szinten, érzelmi-

ték- és a homloklebeny ismereteket mobilizáló funkciója kap szerepet a kép szakszerű megítélésének folyamatában a kulturális ismeretek mobilizálása alapján. A „kognitív filter” működésében jelentős szerepe van a személyes élethelyzetnek, a személyes életp tapasztalatoknak. Ez a feldolgozás lassúbb, akár egy percig is elhúzódik. Ez a kép előtti elgondolkodás gyakori élménye. A két folyamat együttesen eredményezi az ítéletalkotást a műről, illetve jelenti a tetszést vagy az esetleg az elutasítást (2. ábra).

Az fMRI vizsgálatok, illetve az EEG alapú képalkotási elemzések a módszerek mind érzékenyebb alkalmazásával a tetszési index és az aktív agyterületek összevetésével igyekeznek meghatározni az esztétikai élmény „lokalizációját”, helyét az agyban. Mint az eddigiekben láttuk, a vizuális élmény a látott kép feldolgozásának folyamata a vizuális központok aktivitását, továbbá az ismeretek mobilizációjának és az érzelmi „központok” aktiválódásának helyeit is igazolja. Ezzel lényegében meghatározható az aktivált területek eloszlása. A tetszés a cinguláris gyrus, a homloklebenyek egymás felé néző felszínén, a tetszés, jutalmazás újabbán sokat vizsgált magjának, az *accumbens* mag aktivitásának megfelelően jelenik meg.

A kép szemlélésénél jelentkező aktív területeket fMRI felvételeken vizsgálatuk (3. ábra) (munkatársak: Martos János és Kiss Máté). A vizsgált személy 45 képet figyelhetett meg egymást követően, szünetekkel. Közben lehetősége volt jobb és bal kézzel jelezni a tetszést-nemtetszést. A színes területek




3. ábra. A kép szemlélésénél jelentkező aktív területek fMRI felvételeken

leg is minősül, az elemi vizuális élmény talamuszszintű feldolgozásától kezdődően az elsődleges látókéreg és a másod-harmadlagos látókéreg szintjén, illetve a parietális és frontális lebeny aktiválódása során. Így a szenzoros érzékelés egy szenzoros „rezonanciát” eredményezve olyan érzelmi színezetet kap, ami meghatározza a tetszést. Ez a folyamat a különböző vizsgálatok alapján alig haladja meg a 0,2 másodpercet. Ezzel párhuzamosan a kép tartalmi dekodeolása is megtörténik. Itt a memória, a halán-

azokat az aktív agyi régiókat jelzik, amelyek a vizsgált személynél tetszés esetén jelentek meg a festmény megtekintésekor. Más aktív területek mellett a homloklebenyek középső, egymás felé néző területei, a cinguláris kéreg, a fali lebeny körülírt területe megerősítette az előző, az irodalomból ismert, vizsgálatok eredményeit, egyben további kutatás felé nyitott perspektívát.

A neuroesztétikai kutatások más irányú, nagy hagyományokkal rendelkező területe a *képzőművészek pszichés* vagy

idegrendszeri betegsége során keletkezett műalkotásainak elemzése. Számos tanulmány született azokból az elemzésekből, amelyekben egy-egy művész megbetegedésére vonatkozó adatokat, a betegség alakulását és a műalkotásokban tükröződő esetleges stílusváltozást igyekeztek összevetni (Annoni és mts. 2005, Környei 1974 Akadémiai székfoglaló, Jakab 1956). A kutatók összefüggést kívántak feltárni a mű esztétikai értékváltozása és a betegség alakulása között. Csontváry, Nemes Lampérth, Gulácsy vagy van Gogh, Munch és mások sokat elemzett életműve jó példa erre a megközelítésre (Pertorini 1966, Correa 2014, Russel 1992).

A művek, a művészet neuroesztétikai megközelítése olyan új kutatási terület, amelyben az agyműködésre vonatkozó új eredmények, agyi képalkotás, hálózat kutatás rohamosan gazdagodó eredményei és a humán tudományok közötti szemléleti különbözőségek közelíthetők. Ugyanakkor az agykutatás itt is beleütközik a működés és struktúra alapkérdéseibe, ami ismeretelméleti mélységű. A kutató szemben találja magát a tudat kérdésével, az emberi agy önreflexióra képes működésének problémájával. Ez viszont az „agyelméletek” területére visz, és a neuroesztétika területén is meghúzza a kutatás határait. 

Irodalom

- Annoni J.M., Devuyst G., Carota A., Bruggimann I., Bogousslavsky J.: Changes in artistic style after minor posterior stroke J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry 2005. 76: 797-803
- Nadal M., Pearce T.M.: The Copenhagen Neuroaesthetics conference: Prospects and pitfalls for an emerging field. Braion and Cognition. 2011
- Ramachandran V.S., Hirstein W.: The science of art: a neurological theory of aesthetic experience. J. Consciousness Studies 1999.
- Zeki S.: Inner vision: An exploration of art and the brain. Oxford Univ.Press Oxford 1999
- Arnheim R.: A vizuális élmény. Az alkotó látás pszichológiája. Aldus Kiadó Budapest 2004
- Redies Ch.: Combining universal Beauty and cultural context in a unifying model of visual aesthetic experience. Front.Hum.Neurosci. 2015.
- Jakab I.: Képi kifejezés a pszichiátriában 1956, 1998
- Hárdi I.: Pszichiátria, képi kifejezés, dinamikus rajzvizsgálat. Magyar Tudomány 2004
- Környei I.: Akadémiai Székfoglaló előadás 1973
- Pertorini R.: Csontváry pathográfiája 1997
- Baumgarten Alexander 1750 (citálta: Conway BR, Rehding A.: Neuroaesthetics and the trouble with beauty PLoS Biol 2013
- Brugger I., Gorsen P.: Kunst und Wahn gebundene Ausgabe 1998