

Pirosabb-e a Ferrari a papagájnál? – A színek hatásának vizsgálata vizuális kategorizációban a kiváltott potenciálokra

Linnert Szilvia¹

SZTE BTK Pszichológiai Intézet

Email: linnertszilvi@gmail.com

Absztrakt

A szín fontos szereplője vizuális világunknak, de nem elengedhetetlen tárgyak felismeréséhez. Látórendszerünk a felismeréshez szükséges alak- és felszíni információkat ugyanazon a pályán dolgozza fel, mint a színinformációt, a ventrális vizuális kérgi pályarendszeren. Az irodalomban ellentmondásos adatokat találunk azzal kapcsolatban, hogy alak és szín feldolgozása együtt vagy elkülönülve történik a magasabb kérgi területeken. Vizsgálatunkban humán alanyokon végeztünk elektrofiziológiai méréseket a kérdés megközelítésére. Egyetemünk Vizuális Laboratóriumában folytatott nem-humán főemlős vizsgálatokhoz kapcsolódik kísérletünk, mely a makákó ventrális vizuális pályájának utolsó unimodális területén robosztus színfüggetlen alakfeldolgozást mutatott ki. Jelen vizsgálatban humán alanyokon a szín kivonásának hatását vizsgáltuk összetett vizuális ingerekkel végzett kategorizációs feladatban, miközben vizuális eseményfüggő potenciálokat regisztráltunk. A makákó inferotemporális kérgi (IT) területének megfelelő humán oldalsó tarkólebenyi komplexum (laterális okcipitális komplex (LOC)) fölül elvezetett vizuális kiváltott potenciálokat (N170-es komponens) hasonlítottuk össze színes és akromatikus vizuális ingerekre két kategóriában (autó és madár), valamint felismerhetetlen kontrollkondícióban. Eredményeink megerősítették a makákók esetében tapasztaltakat, azaz a vizsgált területen az N170-es kiváltott potenciálra az inger színessége nem volt hatással a felismerhető képek esetében. Kontrollkondícióban, amikor a kategóriák felismerhetetlenek voltak, ám színességük megmaradt, az N170 amplitúdójában különbség mutatkozott a színes és az akromatikus változatok között, a tesztkondícióval összehasonlítva. Emellett kimutattunk erőteljes kategóriahtást a kiváltott potenciálokra, valamint megmutattuk a

¹ Témavezető: Tompa Tamás, Csifcsák Gábor

féltekék feldolgozási sebességének különbségét. Eredményeink alapján elmondhatjuk, hogy, jól felismerhető ingerek esetén a szín nem befolyásolja a perceptuális kategorizációhoz köthető elektrofiziológiai jelenségeket a tárgyfelismerésért felelős területek fölött. Ha azonban a felismeréshez nem áll elegendő formai információ rendelkezésre, akkor a szín hatása mérhető.

Kulcsszavak: vizuális kiváltott válaszok, N170, vizuális kategorizáció, humán elektrofiziológia

A szubjektív színélmény feldolgozási folyamatok eredménye (Sekuler & Blake, 2004; Gegenfurtner, 2003). A színek hozzájárulnak a látott világ állandóságához. A magas színdiagnosztikájú tárgyak általában jellemző színben jelennek meg (pl. érett gyümölcsök), ezek felismerésében nagyobb szerepe lehet a színnek. Az alacsony színdiagnosztikájú tárgyak sokféle színben megjelenhetnek (pl. autók, Tanaka és mtsai 2001).

Gegenfurtner és Rieger (2000) kísérlete igazolja, hogy természetes környezetükben bemutatott ingerek esetén a színek segítik a tárgyak gyorsabb felismerését. Úgy tűnik, a forma mellett a szín az a (nem metrikus) tulajdonság, ami a tárgyak felismerésében, a gyors kategorizációban szerepet játszik. Így az lehet a kérdés, hogy ezeket a folyamatokat különböző modulok végzik-e, illetve hogy szín, forma, kontúr és textúra feldolgozása köthető-e egy adott kérgi területhez, és ha igen, ezek a területek különböznek-e, illetve ugyanazon rendszer részét alkotják-e.

Az agykéregben két funkcionálisan elkülönült rendszer dolgozza fel a látási információkat. A dorzális vizuális rendszer a metrikus tulajdonságokat dolgozza fel (méret, pozíció, mozgás). A ventrális vizuális rendszer a tárgyfelismerésért felelős, így az alak és a szín is itt dolgozódik fel (Ungerleider és Mishkin, 1982, Marigan és Maunsell, 1993, Goodale és Milner, 1992, Milner és Goodale 2008, Logothetis és Sheinberg, 1996; Tanaka, 1996). Ennek utolsó állomása majomban az alsó halántéklebenyi terület (inferior temporális kéreg, IT), illetve emberben az IT humán megfelelőjének tartott okcipito-temporális terület, az úgynevezett laterális okcipitális komplex (LOC, Kanwisher és mtsai, 1996; Grill-Spector és mtsai 2001). Az IT sejtjeinek mint a ventrális pálya utolsó állomásának elméletben integrálniuk kell a forma és színinformációt a látott tárgyakról. Így számos kísérlet irányult e terület sejtjeinek színérzékenységének megmutatására, léziós, illetve egysejtes extracelluláris módszerrel. Legtöbbjük talált is színérzékenységet

az IT területén, volt viszont néhány, amely színfüggetlen feldolgozást talált (összefoglalás: Komatsu, 1998).

A Szegedi Tudományegyetem Általános Orvosi Kar Élettani Intézetének Vizuális Laboratóriumában végzett majomkísérletek az IT alakszelektív sejtjein gyakorlatilag teljes színinvarianciát mutattak ki (Tompai és mtsai, 2005), ami arra utal, hogy legalábbis alacsony színdiagnoszticitású tárgyak esetében e terület már nem foglalkozik a szín közvetítette információval, csak az alak határozza meg a sejtek választát. Ennek a kísérletnek humán elektrofiziológiai megfelelőjének szántuk kísérletünket, vizsgálatunk tárgya a makákó IT-nek megfeleltetett humán kérgi terület, a LOC fölül elvezetett vizuális kiváltott potenciálok színérzékenysége volt, különböző kategóriákban. Hipotézisünk az volt, hogy a teszt-kondícióban a színes és a szürkeárnyaltos képekre kapott, a kategorizációval összefüggő (összefoglalva: Gulyás és Kéri, 2003) N170-es komponens amplitúdója nem fog lényegesen különbözni a vizsgált területen. A kontroll-kondícióban az esetlegesen megjelenő N170-es komponens esetén sem vártunk különbséget sem szín, sem kategória szerint az amplitúdó tekintetében. Azt is feltételeztük, hogy a különböző kategóriák által kiváltott potenciálok viszont különbséget fognak mutatni (Antal és mtsai, 2000).

Módszer

A kutatásban 9 egészséges, normális színlátású egyetemista alany vett részt (19-28 évesek, 23 ± 3 év) 6 férfi és 3 nő. A látásélesség szükség esetén korrigálva volt.

A vizsgálat során az ingerek bemutatását, a feladatban nyújtott teljesítmény és reakcióidő rögzítését, valamint az EEG triggerjelek adását Presentation számítógépes programmal (Neurobehavioral Systems Inc., USA) végeztük.

A teszt-kondícióban a kísérleti személyeknek autókat és madarakat ábrázoló képeket mutattunk be, színes és szürkeárnyaltos formában. Az alanyok kategorizációs feladatot végeztek, two alternatives forced choice paradigmát alkalmaztunk autókra és madarakra. A kontroll-kondícióhoz a teszt-fázisban alkalmazott képeket, színeseket és szürkeárnyaltosakat is, 10x10 pixel méretű négyzetekre vágtuk és ezeket összekevertük (1. ábra). Itt is bal és jobb egérgombot kellett nyomni a kísérleti személyeknek annak megfelelően, hogy autót vagy madarat vélnek felfedezni a képen.



1. ábra: Példa a tesztcondíció szürkeáryalatos autó és madár, illetve a kontrollcondíció ingereire. Ugyanezen képeket színesben is látták a kísérleti személyek

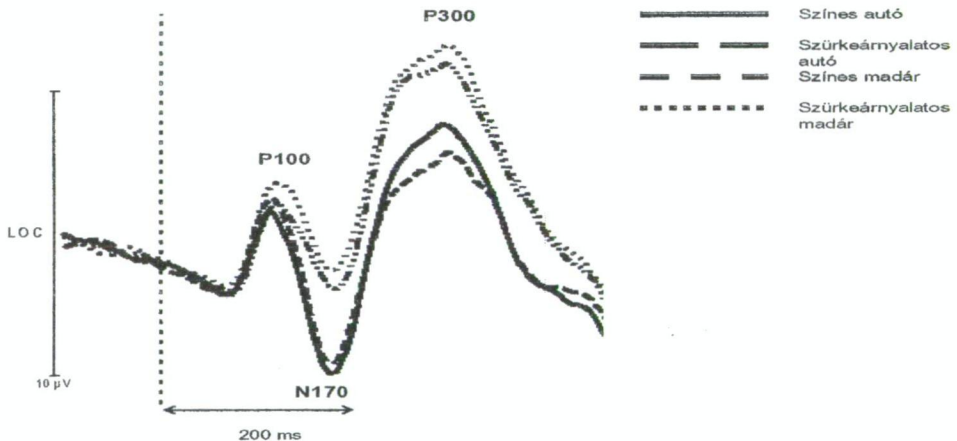
Az EEG hullámok regisztrációjához a 26 Zn elektródot a nemzetközi 10-20-as rendszernek megfelelően helyeztük el a skalpon, a látással kapcsolatos okcipitális és temporális területek felett sűrűbben. A szemmozgások regisztrálásához a bal szem fölé és alá, illetve a két szem laterális szemzugába helyeztünk elektródákat. A nyers adatot a kategóriának megfelelő triggerjelek alapján szegmentáltuk, és a négy kategóriának megfelelően szétválogattuk. Szűrés, szemmozgással kapcsolatos műtermékek eltávolítása, alapvonal korrekció után személyenként, kondícióként és képfajtánként átlagolást végeztünk, így kaptuk a kiváltott potenciálokat. Az N170-es komponens az extrastriális kéreg aktivitását tükrözi, és maximum amplitúdóját az okcipito-temporális elektródákon mérhetjük, így e régió fölül elvezetett jeleket összeátlagoltuk.

Eredmények

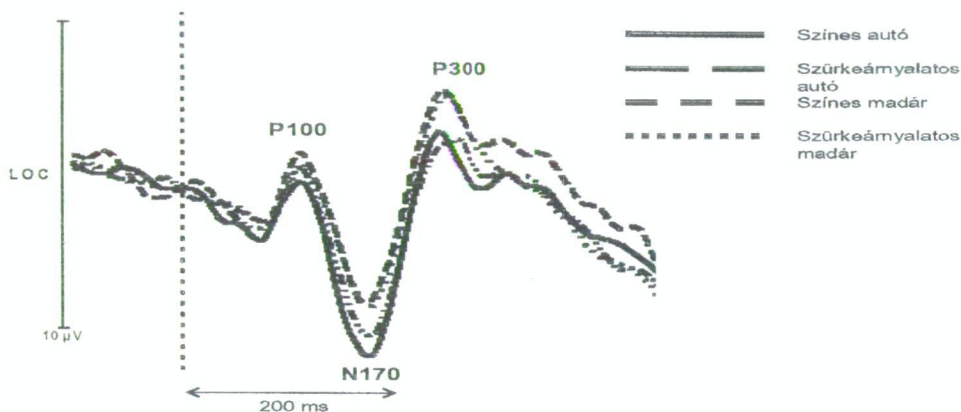
Míg a tesztfázis ingerein az alanyok szinte az összes képet jól felismerték (átlag= $97\% \pm 2,64$), addig az összekevert képekben nem ismerték fel az eredeti kategóriákat, a találati arány 50% körül mozgott. Az alanyok hasonló százalékban ismerték fel mindkét kategóriánkat, a madarakat és az autókat az intakt képeken. A szín kivonása a képekből nem csökkentette a teljesítményt, tehát a szürkeáryalatos képeket is ugyanolyan pontosan felismerték a kísérleti személyek. Színes képek esetén a jó válaszok arányának átlaga $97,9 \pm 1,2\%$, szürkeáryalatos képek esetén az átlag $97,1 \pm 1,2\%$. A kategóriákat tekintve autók esetén a jó válaszok arányának átlaga $97 \pm 1,2\%$, madarak esetén az átlag $98 \pm 1,2\%$. Nem találtunk szignifikáns hatást egyik feltételnél sem: a szín (ANOVA, $F=0,856$, $p=0,362$), a kategória (ANOVA, $F=1,415$, $p=0,243$) illetve a szín és kategória interakciója (ANOVA, $F=0,157$, $p=0,694$) esetén sem.

A két kategóriára adott válaszok reakcióideje sem különbözött. A reakcióidők eltérését szín és kategória szerint egyváltozós többszempontos varianciaanalízis segítségével néztük meg. A szürkeárnyaltos képek esetén a reakcióidő $471,7 \pm 204,45$ ms autókra és $462,19 \pm 116,84$ ms madarakra. Színes képeknél autókra $462,04 \pm 99,8$ ms-os reakcióidőt mértünk, madarak esetén ez $458,88 \pm 113,13$ ms volt. Sem a színre (ANOVA, $F=0,95$, $p=0,33$) sem a kategóriára (ANOVA, $F=0,906$, $p=0,341$), illetve a kettő interakciójára (ANOVA, $F=0,228$, $p=0,633$) sem kaptunk szignifikáns összefüggést

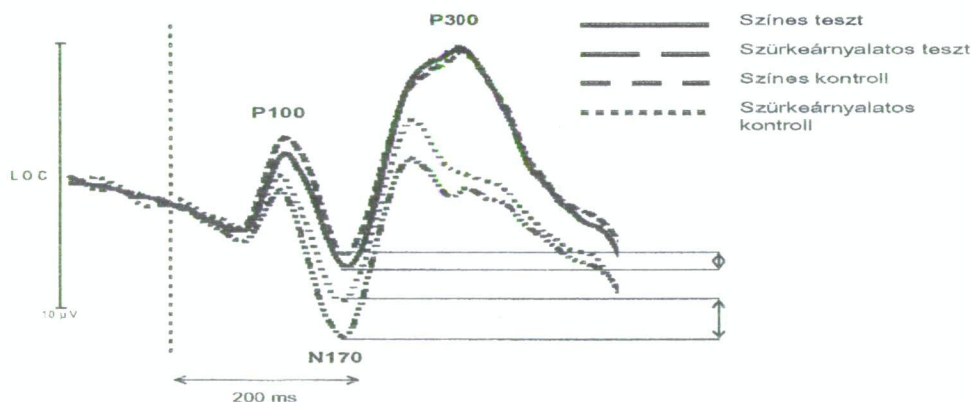
Megnéztük, hogy az N170-es hullám amplitúdójára hatással van-e a szín, a kategória illetve ezek interakciója (egyváltozós, többszempontos, illetve ismételt méréses ANOVA). Tesztkondícióban a színnek nem (ANOVA, $F=0,035$, $p=0,852$) csak a kategóriának volt szignifikáns hatása (ANOVA, $F=14,093$, $p<0,001$) az N170-es csúcs amplitúdójára. Az amplitúdók átlaga autók esetén $-7,14 \pm 1 \mu V$, madarak esetén pedig $-4,464 \pm 1 \mu V$ (2. ábra). A kontrollkondícióban is megjelenik az N170-es csúcs, de amplitúdó értékeire a szín nincs szignifikáns hatással (ANOVA, $F=1,496$, $p=0,227$). Színes képekre az amplitúdó $-7,012 \pm 0,88 \mu V$, szürkeárnyaltos képekre pedig $-6,254 \pm 0,88 \mu V$ (3. ábra). Ismételt méréses ANOVA esetén a kondíció és szín együttes hatása esetén kaptunk szignifikáns eredményt ($F=5,502$, $p=0,037$) (4. ábra).



2. ábra: Az N170-es csúcs különbségei kategóriák és a színesség szerint tesztkondícióban. Jól látszik, hogy a görbék kategória szerint válnak el, az autókra kapott amplitúdó nagyobb, mint a madarak esetében mért. A színnek nincs hatásuk az amplitúdókra, adott kategórián belül a színes és szürkeárnyaltos képekre kapott görbék együtt futnak.



3. ábra: Az N170-es csúcs különbségei kategóriák és a színesség szerint kontrollkondícióban. A viselkedési eredmények alapján az összekevert képekben az alanyok nem ismerték fel az eredeti kategóriákat, és azoknak nincs is hatása az N170 amplitúdó értékeire.



4. ábra: A teszt- és kontrollkondícióban kapott színes és szürkeáryalatos EEG görbék. A kontrollkondíció ábrái esetén látunk nagyobb, a teszt-kondíció képei esetén kisebb amplitúdókat, illetve ezeken belül is a színes képek amplitúdója a nagyobb. Látható az ábrán, hogy az N170-es komponens amplitúdója kevésbé különbözik a teszt-kondíció színes és szürkeáryalatos görbéi között, mint a kontrollkondícióban.

Megvitatás

Eredményeink szerint a humán LOC terület fölül elvezetett potenciálokra nincs hatással a színinformáció jelenléte illetve hiánya, ha az ingerben van felismerést segítő információ (alak, kontúr): teszt-kondícióban a színnek nem, csak a kategóriának volt szignifikáns hatása az N170-es csúcs amplitúdójára, kontroll-kondícióban a szín jelenléte, vagy hiánya nem hatott az amplitúdó nagyságára. A viselkedéses változók vizsgálata sem utal különbségre a felismerhető színes és szürkeárnyalatos képek között: sem a reakcióidő sem a jó válaszok aránya nem különbözött. Ha viszont szín mellett a kondíciót is faktornak tekintettük, akkor a színes és szürkeárnyalatos amplitúdók különbségei szignifikáns eltérést mutattak a két kondíció esetében. Kontroll-kondícióban a színes és szürkeárnyalatos képek bemutatása esetén is nagyobb amplitúdót kaptunk a teszt-fázis görbéihez képest, valamint a színes és szürkeárnyalatos képekre kapott N170-es amplitúdó a kontroll-kondícióban jobban különbözött egymástól. Bizonyos, hogy a kontroll-kondíció képeiben nem volt kategóriára utaló információ, mivel a találati arány 50% körül mozgott, valamint kontroll-kondícióban az amplitúdó értékek nem különülnek el a két kategória összehasonlítása esetén, szemben a teszt-kondícióval. Úgy tűnik, hogy a színek jelenléte kifejezettebb idegi aktivitást vált ki akkor, ha az ingerben más, felismerést segítő információ (alak, kontúr, textúra, stb.) nincs. A LOC terület fölül elvezetett potenciálok tehát elsősorban alakra, kontúrokra reagálnak, de ha ilyen információ nincs a képekben, akkor a színek jelenléte befolyásolja őket.

Ezen eredményeket a kapcsolódó majomkísérletek eredményeivel is összevetve, azt mondhatjuk, hogy a LOC illetve IT területén a szín és az alak függetlenül dolgozódik fel. Ennek oka lehet, hogy a kétféle információra elkülönült sejtpopulációk reagálnak, vagy ugyanazon sejtek különböző módon dolgozzák fel a szín és alak információt.

Váramozásainknak megfelelően a felismerhető képek bemutatása esetén az autók kategóriára kaptunk szignifikánsan nagyobb amplitúdót a madárral szemben, illetve a 2. ábrán is láthatóan kategóriák szerint válik el a teszt-fázisban az N170-es komponens.

Hivatkozások

- Antal, A., Keri, S., Kovacs, G., Janka, Z., & Benedek, G. (2000). Early and late components of visual categorization: an event-related potential study. *Brain Research Cognitive Brain Research*, 9, 117-119.
- Gegenfurtner, K. R. & Rieger, J. (2000). Sensory and cognitive contributions of color to the recognition of natural scenes. *Current Biology*, 10, 805-808.
- Gegenfurtner, K. R. (2003). Cortical mechanisms of colour vision. *Nature Review Neuroscience*, 4, 563-572.
- Goodale MA & Milner AD. (1992). Separate visual pathways for perception and action. *Trends in Neuroscience*, 15, 20-25.
- Grill-Spector, K., Kourtzi, Z., & Kanwisher, N. (2001). The lateral occipital complex and its role in object recognition. *Vision Research*, 41, 1409-1422.
- Gulyás B. és Kéri, Sz. (2003) Elektrofiziológiai módszerek a kognitív idegtudományokban, in Pléh, Gulyás, Kovács (szerk): Kognitív idegtudomány, Budapest, Osiris pp81-96.
- Kanwisher N, Chun MM, McDermott J, Ledden PJ (1996) Functional imagining of human visual recognition. *Brain Research Cognitive Brain Research*, 5, 55-67.
- Komatsu, H. (1998). Mechanisms of central color vision. *Current Opinion in Neurobiology*, 8, 503-508.
- Merigan WH & Maunsell JH. (2003). How parallel are the primate visual pathways? *Annual Review in Neuroscience*, 16, 69-402.
- Logothetis, N. K. & Sheinberg, D. L. (1996). Visual object recognition. *Annual Review in Neuroscience*, 19, 577-621.
- Milner AD, Goodale MA. (2008). Two visual systems re-viewed. *Neuropsychologia*, 12, 774-85.
- Sekuler, R. & Blake, R. (2004). *Észlelés*. Budapest, Osiris
- Tanaka, J., Weiskopf, D., & Williams, P. (2001). The role of color in high-level vision. *Trends in Cognitive Science*, 5, 211-215.
- Tanaka, K. (1996). Inferotemporal cortex and object vision. *Annual Review in Neuroscience*, 19, 109-139.
- Tomba, T., Sary, G., Chadaide, Z., Koteles, K., Kovacs, G., & Benedek, G. (2005). Achromatic shape processing in the inferotemporal cortex of the macaque. *Neuroreport*, 16, 57-61.
- Ungerleider, L. G. & Mishkin, M. (1982). Two cortical visual systems. In David J. Ingle & Melvyn A. Goodale and Richard J.W. Mansfield (eds). *Analysis of Visual Behaviour*. pp. 549-580. The MIT Press, Cambridge, MA.
- Zeki, S. & Marini, L. (1998). Three cortical stages of colour processing in the human brain. *Brain*, 121, 1669-1685.