

„GYAKORLAT TESZI A MESTERT”, AVAGY A PERCEPTUÁLIS TANULÁS

Kozma Petra

MD, PhD, Retina Foundation of the Southwest, Dallas, TX, USA
petra@retinafoundation.org

Kovács Ilona

az MTA doktora, Laboratory of Vision Research, Rutgers University, NJ, USA,
MBE Kognitív Tudományi Központ, Budapest
ikovacs@cyclops.rutgers.edu

A folyamatot, melynek során gyakorlás vagy tapasztalat következtében tudatosság nélkül megtanulunk érzékelni valamit, amire korábban képtelenek voltunk, perceptuális tanulásnak nevezzük. Mindenki számára jól ismert tény, hogy gyakorlás hatására „finomodnak” az érzékek: a szolféztanulás finomítja a hallást; a festés és rajzolás a látást; a borkóstolás az ízlést; a talajtorna a finom koordinációhoz szükséges szomatoszenzoros, testhelyeztetel kapcsolatos érzékelést. Alfred Wilhelm Volkmann (1863) már a XIX. században leírta, hogy a tárgyak vizuális felismerése javul gyakorlás hatására – „gyakorlat teszi a mestert”. Akkoriban a teljesítményjavulást még kognitívnek, azaz az információfeldolgozás magas szintjein végbemenőnek tulajdonították. Az elmúlt egy-két évtized során elvégzett számos elektrofiziológiai, valamint képalkotó eljárást alkalmazó és pszichofizikai tanulmány azonban kimutatta, hogy a korábbi nézettel ellentétben *az elsődleges érzőkérgekben nemcsak a fejlődés korai, ún. kritikus periódusában, de a felnőtt agyban is plasztikus változások zajlanak le*. Ennek első indikációja a szomatoszenzoros kéregből származik (Merzenich et al., 1988), de azóta már ismert, hogy az összes szenzoros szubmodalitás úgymint szaglás, ízérzékelés, hallás és látás kérgi területein is megfigyelhe-

tő. Retinális léziót követően megváltozik az elsődleges látókéregben lévő receptív mezők helyzete és mérete is (Gilbert et al., 1996, 2000).

A vizuális perceptuális tanulás egy viszonylag új és igen izgalmas területét jelenti a perceptuális tanulásnak. Gondoljunk például a röntgenorvosokra vagy szövettanászokra, akik a vizuális feladat ismételt elvégzése során válnak szakmájuk mestereivé. Pszichofizikai kísérletekben teljesítményjavulás mutatható ki a legtöbb egyszerű vizuális feladatban (vernierdiszkrimináció [McKee – Westheimer, 1978]; textúradiszkrimináció [Karni – Sagi 1991]; sztereoszkopikus mélységlátás [Ramachandran – Braddick 1973]; és vonalorientációk közötti diszkrimináció [Vogels – Orban 1985]). A pszichofizikai kísérletekből az is kiderült, hogy a perceptuális tanulás a vizuális feladatok egy jó részében *specifikus a gyakorlásra használt inger alacsony szintű jellegzetességeire*. Ez annyit jelent például a textúradiszkriminációs feladatban, hogy egy adott vonaliránnyal (például függőleges) való gyakorlás csak azonos irányú vonalak esetén vezet teljesítménynövekedéshez, a többi vonalirányra egyenként újra kell gyakorolni a feladatot (Fiorentini – Berardi, 1980). Ez az *irányspecifikus tanulás* arra utal, hogy a tanulás biztosan agykérgi

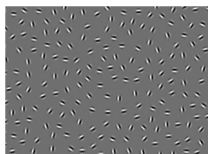
eredetű, mivel az irányselektivitás először az elsődleges látókéregben jelenik meg. Egy más esetben a látótér adott helyét (például jobb felső negyedét) elfoglaló inger csak az e területen bemutatott ingerlés esetén lesz hatékony a tanulás szempontjából – a látótér más részein újra be kell gyakorolni a feladatot (Karni – Sagi, 1991). Ez a *helyspecifikus tanulás* azt jelzi, hogy a tanulás valószínűleg az *occipitális* lebeny alacsony szintű látóterületein belül zajlik, mivel ezekre a területekre jellemző a nagymértékű helyspecifitás (hely alatt a látótér egyes részeit, illetve retinális pozíciókat értve [Karni – Sagi, 1991; Crist et al., 1997]). A vizuális perceptuális tanulás specifikus lehet továbbá például az inger téri frekvenciájára (Fiorentini – Berardi, 1980), a mozgás irányára (Ball – Sekuler, 1987) és a gyakorlásban részt vevő szemre (egy szemmel való tesztelés esetén) (Karni – Sagi 1991; Stickgold et al., 2000b). Ha egy adott feladatban többféle specifitás is jelentkezik, az felhasználható a tanulás neuronális „helyének” meghatározására. Így például ha egy feladat irányspecifikus, akkor biztos, hogy kérgi eredetű a tanulás. Ha ezen túl helyspecifikus is, akkor biztos, hogy alacsony kérgi szinten zajlik, s ha még a gyakorlásban részt vevő szemre is specifikus, akkor biztos, hogy az elsődleges látókéregben megy végbe, ahol a neuronok még részben monokuláris (egy szemmel kapcsolatos) beidegzésűek.

A perceptuális tanulás az idegrendszer plasztikusságát tükrözi. A bekövetkező teljesítményjavulás hatása hosszú távú, hónapokig, akár évekig is eltart (Karni – Sagi, 1993; Julesz – Kovács, 1995). A tanulás azonban nem deklaratív típusú, mivel nem jár tények és események tudatos memorizálásával. Az egyszerű vizuális feladatokban (például textúra diszkrimináció) észlelt perceptuális tanulás időbeli jellemzői hasonlóak a kifinomult motoros feladatok elsajátításához szükségesekhez (Karni et al., 1998): 1) gyors, egyetlen vizsgálati perióduson belüli teljesítmény-

javulás, 2) a vizsgálati periódusok közötti ún. látens fázis, amely során a teljesítményjavulás lassú, és amely többórás konszolidációt vagy alvást igényel. Uri Polat és Dov Sagi (1995) szerint a gyors komponensben a kéreg magasabb szintjei, míg a lassú komponensben az elsődleges látókéreg vesz részt. Kimutatták, hogy a perceptuális tanulás bekövetkezéséhez időben legalább hat-nyolc óra (Karni – Sagi, 1998), egy rövid délutáni pihenés (Mednick et al., 2001), vagy legalább hatórás éjszakai alvás (Karni et al., 1994; Stickgold et al., 2000a, 2000b) szükséges a gyakorlási szekciók között. Alvásmegvonás a gyakorlás utáni első éjszaka során meggátolja a teljesítményjavulást, még akkor is, ha a következő éjszaka alkalom nyílik az alvásra (Stickgold et al., 2000b). Úgy tűnik tehát, hogy a gyakorlást követő nagyjából *harminc óra* kritikus az emléknemesség konszolidációját illetően, s hogy ez a *konzolidáció nem pusztán az idő múlásával, hanem az alvással magával kapcsolatos*. Az egyelőre vitatott azonban, hogy az alvás különböző fázisai, így a gyors szemmozgásokkal járó REM periódus, illetve a mélyalvás fázisa mennyiben, és pontosan hogyan járulnak hozzá a konszolidációhoz (Karni et al., 1994; Stickgold et al., 2000a, 2000b).

Saját kísérleteinkben arra kerestünk választ, hogy egy, a szokásos egyszerű diszkriminációs és vizuális keresési feladatoknál valamivel bonyolultabb feladat gyakorlása során milyen idői paraméterei vannak a tanulásnak. Ebben a feladatban apró építőelemekből kell a látórendszernek összeállítania egy kontúr (*1. ábra*).

Az építőelemek ún. Gábor-foltok (Gaussfüggvénnyel lesimított, irányval rendelkező, sávokból álló szegmentek), melyek az elsődleges látókéreg irányra érzékeny éldetektorait szelektíven aktiválják. A kontúr elemei ugyanolyan Gábor-foltokból álló zajaiban vannak ágyazva. Ezeknek a foltoknak az irányulása azonban véletlenszerű, azaz nem



1. ábra • A perceptuális tanulási feladatban alkalmazott kontúrintegrációs inger. A kontúr kolineárisan irányuló Gábor-foltokból

áll, melyek között a távolság valamivel kisebb, mint a háttérellemek közötti átlagos távolság. Így az egyetlen jelzés, ami lehetővé teszi a kontúr detekcióját, a kontúr alkotó Gábor-foltok egymáshoz viszonyított iránya. Ennek kódolását az irányérzékeny agykérgi idegsejtek közötti irányfüggő anatómiai összeköttetések végzik (valószínűleg az elsődleges látókéregben). Így ezzel az ingerrel az irányfüggő összeköttetések szelektíven erősíthetők a gyakorlás során.

alkot korrelált mintázatot úgy, mint a kontúr. Az ilyen típusú vizuális ingerek nagyszerűen beváltak az *alacsony szintű kérgi vizuális területek integratív kapacitásának* vizsgálatában (Kovács, 1996). Az irány információ téri integrációja, az éldetekció és a formalátás közötti feldolgozási lépés, mely lehetővé teszi, hogy a kérgi feldolgozás elején lévő kis receptív mezővel rendelkező idegsejtek lokális jeleiből tárgyakat határoló kontúrok, formák jöjjenek létre. Érdekes módon a feladat, bár igen egyszerűnek tűnik, még öt-hat éves gyerekek számára is nehéz. Méréseink szerint az emberi perceptuális fejlődés során legalább tíz évet vesz igénybe, hogy ez az ún. kontúrintegráció felnőtt szinten működjön (Kovács et al., 1999). A „kritikus periódus” tehát ebben az esetben igen hosszú. Eddigi eredményeink azt mutatják, hogy a feladatban részt vevő agyi mechanizmusok nagy valószínűséggel az elsődleges látókéregben helyezkednek el (Kovács 1996; Giersch et al., 2000). Gyerekek és felnőttek egyaránt

fejlődést mutatnak, ha három egymást követő napon gyakorolhatják a feladatot, és ez a fejlődés *specifikus az ingert meghatározó jellemzőre* (irány, illetve szín által meghatározott kontúrok esetén a tanulás nem transzferál a két jellemző között [Kovács et al., 1999]). A specifikusság további indikáció az alacsony szintű kérgi feldolgozásra. Jelen tanulmányunkban új eredményeinket közöljük, melyek demonstrálják, hogy a kontúrintegrációs feladatban mutatkozó tanulás idői jellegzetességei hasonlóak az egyszerű vizuális feladatok során mutatkozó tanulás idői jellegzetességeihez, s hogy itt is „aludni kell egyet” a gyakorlásra.

Huszonegy normál felnőtt naiv alanyt vizsgáltunk. Minden alany öt egyforma hossz-szű gyakorlási perióduson esett át, de a gyakorlás időbeli eloszlása különbözött, s eszerint osztottuk három csoportba őket: 1. csoport: az öt gyakorlási periódus 3,5 óra alatt zajlott le, 2. csoport: az öt gyakorlási periódus tíz óra alatt zajlott le, 3. csoport: az öt gyakorlási periódus öt nap alatt zajlott le. Az egyes csoportok jellemzőit lásd az *1. táblázatban*. Az alanyok közül senki nem szenvedett *amblyopiában* vagy kancsalságban, a látásélesség korrekcióval vagy anélkül teljes volt. A látásélesség vizsgálata Snellen-táblával történt.

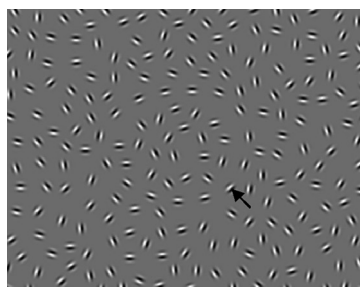
A vizsgálatban használt ábrák generálása a korábban leírtakhoz hasonlóan történt (Kovács et al., 1999). A Gábor-foltok téri frekvenciája 5 c/deg, míg kontrasztja 95 % volt. Ebben a közleményben a kontúrintegrációs feladatnak egy új verzióját alkalmaztuk. Az ábrákon kolineáris Gábor-foltokból álló kontúr és ugyanezen foltok *random* orientációjú

Csoportok	Átlagéletkor (év)	Teljes tesztidő	Férfi:nő arány
1. (n=8)	24,5	3,5 óra	4:4
2. (n=8)	29,75	10 óra	3:5
3. (n=8)	28,75	5 nap	4:4

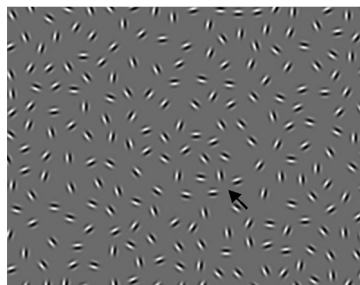
1. táblázat • A csoportok általános jellemzői. A táblázat csoportonként mutatja a résztvevők számát, átlagos életkorát – években, a gyakorlás teljes időtartamát, valamint a férfiak és nők megoszlását.

halmazából álló háttér található (1. ábra). Az ábrák mindegyikén a kontúr egy elfektetett tojást rajzol ki. Az alanyok feladata az volt, hogy az egér megfelelő gombjainak lenyomásával jelezzék, hogy a tojás hegyesebbik vége balra vagy jobbra mutat-e. Az ábrákat számítógép képernyőjén jelenítettük meg, amelyet az alanyok 40 cm távolságból, ülve néztek, egy mesterséges fényvel megvilágított szobában. Az ábrák a vizsgálati távolságból függőlegesen $19,93^\circ$, míg vízszintesen $26,57^\circ$ szög alatt voltak láthatók. A monitor átlagos luminenciája $21,5 \text{ cd/m}^2$ volt. Az ábrák két másodpercig kerültek kivetítésre. Ez alatt az idő alatt kellett az alanyoknak a választ megadni. Az ábrák közé egy másodperc hosszúságú szünetet iktattunk be, amely során a képernyő egyszínű szürkére változott, és annak közepén egy fixációs kereszt jelent meg. Az ábrákon a háttérelmek és a kontúrelmek távolságának hányadosa, az általunk korábban Δ -nak nevezett érték, normál felnőtt kontúrintegrációs küszöbszintet jóval meghaladó, állandó volt ($\Delta=0,9$). A Δ értékének állandó szinten tartása lehetővé tette a kérgi neuronok közötti interakciók kizárólagos vizsgálatát, és nem adott lehetőséget az ábrán sűrűségváltozásra a Gábor-foltok között. Az ábrákon kizárólag a kontúrelmek orientációja változott kollinearistól (0°) 28° -ig, hét különböző nehézségi szinten: 0° , $7-8^\circ$, $11-12^\circ$, $15-16^\circ$, $19-20^\circ$, $23-24^\circ$, $27-28^\circ$ (2. ábra). Egy-egy nehézségi szinten belül a kontúrelmek orientációját random módon változtattuk $0,1$ fokonként, a két feltüntetett érték között. Az alanyok negyven ábrát néztek meg 4×10 -es csoportokban az egyes nehézségi szinteken. Ezen ábrák egyik felén a tojás hegye jobbra, a másik felén balra mutatott, de a jobb, illetve bal oldalra mutató ábrák bemutatása random sorrendben történt. Az egyes szintek fokozatosan nehezedő sorrendben követték egymást. A tesztelést binokulárisan végeztük.

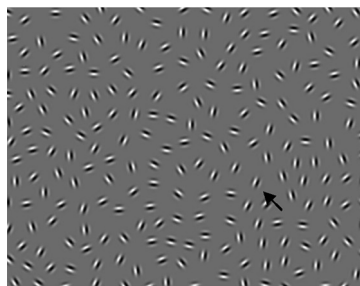
Egy gyakorlási periódus hossza körülbe-



0°



$11-12^\circ$



$23-24^\circ$

2. ábra • A perceptuális tanulási feladatban alkalmazott kontúrintegrációs inger egyre nehezedő változatai. A feladatban a képeken lévő, fekvő tojás alakú kontúrokról el kellett dönteni, hogy a tojás hegyesebbik vége jobbra vagy balra mutat-e. A feladat nehézségét a kontúrelmeknek a kontúr képzeletbeli vonalához képest való elforgatásával változtattuk, és mértük, hogy mi az a legnagyobb elforgatás, ami mellett még elvégezhető a feladat (küszöb). Az elforgatás mértéke a mintaként bemutatott ábrák alatt látható. Kísérleti alanyaink átlagos küszöbe $11-12^\circ$ körül volt (középső ábra). $23-24$ fokos elforgatás már lehetetlenné teszi a feladat megbízható módon való végrehajtását (alsó ábra). Legjobb tanuló csoportunk átlagosan 2° javulást ért el öt nap alatt (ötször fél óra abszolút gyakorlási idő mellett).

lül 20–25 perc volt. Küszöbteljesítménynek a 75%-os helyes választ tekintettük. Az alanyok a tesztelés megkezdése előtt egy tíz ábrából álló „bemelegítő” sorozatot néztek meg a legkönnyebb nehézségi szinten. A tesztelés akkor kezdődött, amikor az alanyok megbízható módon legalább 80%-os teljesítményt nyújtottak ezzel a „bemelegítő” sorozattal. A tesztelés során nemcsak a helyes válaszok, de a válaszadás elmaradása is regisztrálásra került. A vizsgálatban résztvevők között nem volt szükség a válaszadás elmaradása következtében a végleges teljesítmény korrekciójára. Egyetlen alanytól sem haladta meg ugyanis annak értéke a 2,5–5%-ot a vizsgálat teljes időtartama során. Az egyes nehézségi szinteken a gyakorlási periódus során elért átlagos teljesítményt pszichometriai görbén ábrázoltuk. Az alanyoknál a küszöbértéket logisztikai függvénynek az adatpontokra való fektetésével kaptuk meg. A végleges küszöbérték-adatokat statisztikailag az egyes csoportokon belül egyszerű ANOVA (ismételt mérések), valamint páronkénti összehasonlítás (LSD korrekcióval) módszerrel elemeztük. A legelső periódust az egyes csoportok között egyszerű ANOVA (Tukey HSD Post-hoc teszt) segítségével hasonlítottuk össze.

A csoportok között a legelső gyakorlási periódusban nyújtott teljesítményben szignifikáns különbség nem mutatkozott ($p > 0,05$ – egyszerű ANOVA). Az első csoportban (három és fél óra gyakorlás) és a második csoportban (tíz óra gyakorlás) az egyes gyakorlási szekciók között statisztikailag nem volt eltérés ($p > 0,05$ – ANOVA

ismételt mérések) (3. ábra). Az ötnapos, harmadik csoportban szignifikáns napi hatást találtunk. Szignifikáns eltérés mutatkozott az első és a negyedik, valamint az első és az ötödik nap között ($F=4,385$; $df=1,936$; $p=0,035$ – ANOVA, LSD). A napszakok nem voltak hatással a teljesítményre az 1. és a 3. csoportban.

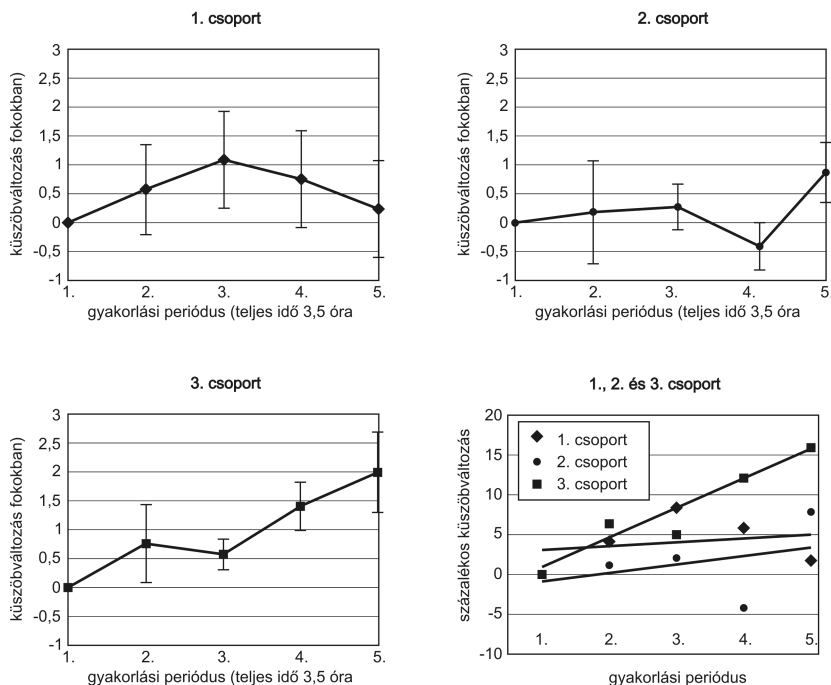
Bár a három csoport ugyanannyi időt töltött gyakorlással (ötször fél órát), az *eredmények azt mutatják, hogy csak abban a csoportban jött létre szignifikáns tanulás, amelyik a gyakorlási periódusok között hozzájutott legalább egy éjszakai alváshoz*. Önmagában a gyakorlási periódusok között eltelt idő nem hozott változást, tehát ez a fajta konzolidáció, legalábbis a mért időtartományban, nem egyszerűen az idő, hanem az alvás függvénye. Bár az is lehetséges, hogy az alvás és a gyakorlási periódusok időbeli megoszlása együttesen játszanak szerepet. Eredményeink összhangban állnak más, egyszerűbb vizuális feladatok során mutatkozó tanulási eredményekkel (például Karni – Sagi, 1993; Mednick et al., 2001; Kami et al., 1996; Stickgold et al., 2000a, 2000b).

Összevetve saját korábbi eredményeinkkel, melyek a tanulás ingerspecifikusságára mutattak rá ebben a feladatban (Kovács et al., 1999), arra a következtetésre jutunk, hogy a vizuális téri integrációban részt vevő mechanizmusok felnőttkorban is plasztikusak, s hogy ez a plaszticitás az alacsony szintű kérgi vizuális területek sajátja.

Kulcsszavak: *perceptuális tanulás, konzolidáció, alvás, kontúrintegráció*

	1. periódus	2. periódus	3. periódus	4. periódus	5. periódus
1. csoport	12,99	13,55	14,06	13,75	13,23
2. csoport	10,9	11,02	11,13	10,43	11,76
3. csoport	12,57	13,36	13,16	14,01	14,58

2. táblázat • Átlagos küszöbértékek. A táblázatban a gyakorlási periódusokban kapott, az egyes csoportokra jellemző, átlagos küszöbértékeket tüntetjük fel fokokban.



3. ábra • A három csoport egyéni (a, b, c) és összevont tanulási görbéje (d). Az egyéni tanulási görbék fokokban mért változást mutatnak a gyakorlási periódusok előrehaladtával. Mindhárom csoport öt gyakorlási perióduson ment keresztül, de a periódusok idői eloszlása eltért csoportonként. Az első csoport három és fél óra, a második tíz óra leforgása alatt végezte el az öt gyakorlási periódust. A gyakorlási idő megnyújtása önmagában nem hozott szignifikáns tanulási hatást. A harmadik csoport gyakorlási periódusai között egy-egy nap telt el. Ők a negyedik, ötödik napra már szignifikánsan jobb teljesítményt értek el, mint az első napon. A három csoport teljesítményét összehasonlító ábrán (d) százalékban fejeztük ki a küszöbváltozást, és a csoportok görbéit lineáris regressziós egyenessel helyettesítettük, hogy a tanulás tendenciája jobban láthatóvá váljon. Ebben az ábrázolásban világos, hogy csak a harmadik csoport teljesítménye mutat konzisztens javulást.

IRODALOM

- Ball, Karlene – Sekuler, Robert (1987). Direction-specific Improvement in Motion Discrimination. *Vision Research*. **27**, 953-965
- Crist, Roy E. – Kapadia, M. K. – Westheimer, G. – Gilbert, C. D. (1997). Perceptual Learning of Spatial Localization: Specificity for Orientation, Position and Context. *Journal of Neurophysiology*. **78**, 2889-94
- Fiorentini, Adriana – Berardi, Nicoletta (1980). Perceptual Learning Specific for Orientation and Spatial Frequency. *Nature*. **287**, 43-44
- Giersch, Anne – Humphreys, G. – Boucart, M. – Kovács I. (2000). The Computation of Occluded Contours in Visual Agnosia: Evidence for Early Computation Prior to Shape Binding and Figure-Ground Coding. *Cognitive Neuropsychology*. **17**, 731-759
- Gilbert, Charles D. – Das, A. – Ito, M. – Kapadia, M. – Westheimer, G. (1996). Spatial Integration and Cortical Dynamics. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*. **93**, 615-622
- Gilbert, Charles D. – Ito, M. – Kapadia, M. – Westheimer, G. (2000). Interactions between Attention, Context and Learning in Primary Visual Cortex. *Vision Research*. **40**, 1217-1226
- Julesz Béla – Kovács Ilona (1995). Introduction. In: *Maturation Windows and Adult Maturation Windows and Adult Cortical Plasticity. SFI Studies in the Sciences of Complexity*. Vol. XXIII. Addison-Wesley, Reading, MA, Xxix–Xxiv.
- Karni, Avi – Sagi, Dov (1991). Where Practice Makes

- Perfect in Texture Discrimination: Evidence for Primary Visual Cortex Plasticity. Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA. **88**, 4966-4970
- Kami, Avi – Sagi, Dov (1993). The Time-Course of Learning a Visual Skill. *Nature*. **365**, 250-252
- Kami, Avi – Tanne, D. – Rubenstein, B. S. – Askenasy, J. J. – Sagi, D. (1994). Dependence on REM Sleep of Overnight Improvement of a Perceptual Skill. *Science*. **265**, 679-682
- Kami, Avi – Meyer, G. – Rey-Hipolito, C. – Jezzard, P. – Adams, M. M. – Tumer, R. – Ungerleider, L. G. (1998). The Acquisition of Skilled Motor Performance: Fast and Slow Experience-Driven Changes in Primary Motor Cortex. Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA. **95**, 861-68
- Kovács Ilona (1996). Gestalten of Today: Early Processing of Visual Contours and Surfaces (A Review). *Behavioural Brain Research*. **82**, 1-11
- Kovács Ilona – Kozma P. – Fehér Á. – Benedek, Gy. (1999). Late Maturation of Visual Spatial Integration. Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA. **96**, 12204-12209
- McKee, Suzanne P. – Westheimer, Gerald (1978). Improvement in Vernier Acuity with Practice. *Perception & Psychophysics*. **24**, 258-262
- Mednick, Sara C. – Atienza, M. – Cantero, J. L. – Nakayama, K. – Stickgold, R. (2001). Benefit of Nap Is Retinally Specific. *VSS (Vision Sciences Society) Abstract*
- Merzenich, Michael M. – Recanzone, G. – Jenkins, W. M. – Allard, T. T. – Nudo, R. J. (1988). Cortical Representational Plasticity. In: Rakic, P. – Singer, W. (eds.) *Neurobiology Of Neocortex*. Wiley, New York, 41-67
- Polat, Uri – Sagi, Dov (1995). Plasticity of Spatial Interactions in Early Vision. In: Julesz Béla – Kovács Ilona (eds.) *Maturation Windows and Adult Cortical Plasticity. SFI Studies In The Sciences of Complexit.* Vol. 24. Addison-Wesley, Reading, MA.
- Ramachandran, Vilayanur S. – Braddick, Oliver (1973). Orientation-Specific Learning in Stereopsis. *Perception*. **2**, 371-376
- Stickgold, Robert – James, LaTanya – Hobson, J. Allan (2000a). Visual Discrimination Learning Requires Sleep after Training. *Nature*. **3**, 1237-1238
- Stickgold, Robert – Whidbee, D. – Schirmer, B. – Patel, V. – Hobson, J. A. (2000b). Visual Discrimination Task Improvement: A Multistep Process Occurring during Sleep. *Journal of Cognitive Neuroscience*. **12**, 246-254
- Vogels, Rufin – Orban, Guy A. (1985). The Effect of Practice on the Oblique Effect in Line Orientation Judgements. *Vision Research*. **25**, 1679-1687
- Volkman, Alfred Wilhelm (1863). *Physiologische Untersuchungen Im Gebiete Der Optik*. Breitkopf Und Härte, Leipzig

