

CSIBRA GERGELY és CZIGLER ISTVÁN

MTA Pszichológia Intézete, Budapest

VIZUÁLIS ÁBRÁK VÁRATLAN IRÁNYÚ MOZGÁSA ÉS AZ ESEMÉNYHEZ KÖTÖTT POTENCIÁLOK¹

Az emberi tevékenységek pszichológiai alapjaival foglalkozva közhelyszerű megállapítás, hogy a folyamatban lévő tevékenységek meghatározzák az információfelvételt. Ezt a nyilvánvaló megfigyelést a figyelem szelektivitásának nevezik. Ugyanakkor nyilvánvaló az is, hogy egyes váratlan ingereket is észreveszünk, vagy legalábbis ezek befolyást gyakorolnak az éppen folyamatban lévő viselkedésekre. Arra nézve, hogy milyen lehet ez a kettős meghatározottságú mechanizmus, számos elképzelés született (összefoglalásként lásd CZIGLER, 1988). A javaslatok egyik csoportja szerint egyes ingerforrásokat előre kiválaszt a feldolgozó rendszer. Erős ingerek, vagy egyes kitüntetett ingerek *áttörhetnek* ezen a szelektív szűrőn. Más megoldási javaslatok szerint eltérő mechanizmusok működnek a két esetben, amennyiben az eleve figyelt ingerforrások esetében az információfelvételt a helyzetről kialakult változások (modellek) vezérlik (felülről lefelé történő feldolgozás), egyébként pedig az inger fizikai sajátosságai (alulról felfelé történő feldolgozás). A világról kialakított modellek meghatározó szerepe az információfeldolgozásban sokoldalúan igazolt (összefoglalásként lásd NEISSER, 1984). Sok esetben azonban nem tisztázott, hogy ezek a modellek milyen szinten jönnek létre. Lehetséges, hogy kialakulásuk és működésük mögött egyszerű automatizmusok állnak. Így NÄÄTÄNEN (1986) feltételezi, hogy az akusztikus kéreg rövid időre megőrzi a hangingerek fizikai (hangmagasság, hangerő, időtartam) sajátosságait, és ab-

1 A vizsgálat az OTKA (#627) támogatásával készült.

ban az esetben, ha e rövid tartamú tárolás hatékony működési idején belül olyan újabb inger érkezik, melynek sajátosságai eltérnek a tárolt sajátosságoktól, az össze nem illést az idegrendszer jelzi. Ez a jelzés szükséges (de nem elégséges) feltétele az ingerre adott orientációs válasznak. NÁÄTÄ-NEN feltételezése egy agyi elektromos hullám, az össze nem illési negativitás felfedezésén alapul. Kiválthatóságát a fentebb jelzett *rövid tartamra lenyomatszerűen tároló* (echoikus) emlékezet működésével hozza kapcsolatba. Hasonló mechanizmusra utaló agyi elektromos történéseket a látás területén eddig nem sikerült azonosítani (NYMAN és mtsai., *sajtó alatt* CSIBRA és CZIGLER, *sajtó alatt*). Az ingerek orientációt kiváltó hatásainak egyéb elektrofiziológiai jelei azonban hasonlóak a látás és a hallás esetében. Ide tartozik az N2 (N2b) hullám (például RENAULT és mtsa., 1982; SIMSON és mtsa., 1977; összefoglalásként lásd CZIEGLER, 1989), valamint a késői pozitív együttes egyik összetevője, a P3a hullám (például MARTON, 1984; SQUIRES és mts., 1975). Elképzelhető, hogy a vizuális modalitásban az orientáció nem kapcsolódik viszonylag egyszerű, szenzoros emlékezeti folyamatokhoz, de az is lehet, hogy csupán az eddigi kísérletek voltak sikertelenek az össze nem illési negativitás azonosításában (NYMAN és mtsa., *sajtó alatt*; CSIBRA és CZIGLER, *sajtó alatt*).

Kísérletünk célja annak vizsgálata, hogy miként alakul nemfigyelt, váratlan vizuális ingersajátságok észlelése, és e sajátságok esetleges detekcióját milyen agyi elektromos jelenségek kísérik. Mivel előző kísérleteinkben (CSIBRA és CZIGLER, *sajtó alatt*, CZIGLER és CSIBRA, *sajtó alatt*) a szenzoros nyommal való össze nem illésnek megfelelő (figyelmi folyamatoktól független) agyi elektromos hullámokat nem találtunk, e kísérletben olyan kis valószínűségű események hatását vizsgáljuk, ahol szenzoros nyomokkal való össze nem illés nem valószínűsíthető. Így az esetleges eseményhez kötött potenciál korrelátumok komplexebb várakozási modellekhez kapcsolódhatnak.

Mivel váratlan jelenségek általában a látótér nem fixált részén adódnak, a kísérletben ilyen helyzetet állítottunk elő. A személyek a látómező közepén ábrákkal kapcsolatosan diszkriminációs feladatot kaptak, melyet gyorsan kellett megoldaniuk (reakcióidő helyzetben). Az ingerábrák megjelenésük után a látótér perifériája felé vándoroltak, s ott eltűntek. Eltűnésük előtt azonban esetenként átalakultak, s ez az átalakulás volt az a változás, melynek eseményhez kötött potenciál hatásait mértük. A vizuális detekció, vizuális diszkrimináció tanulmányozásakor kitűnt, hogy egyes ingerek mintegy *kiugranak* a többi közül. Ilyen élménnyel jár például az L betűk csoportjában megjelenő X. JULESZ (1981) a vizuális detekciót meghatározó elemi ingersajátságokat textonoknak nevezte, s eredményei szerint akkor ugrik ki automatikusan egy ábra a többi közül, ha elemi al-

kotórészeiben, a textonokban van eltérés. Az automatikus elkülönítéssel kapcsolatosan hasonló elméletet alakított ki Treisman (például TREISMAN és GELADE, 1980; TREISMAN és PATTERSON, 1984) is. Eredményei szerint elemek különböző kombinációi is kialakíthatják e „kiugrási” hatást. Ha például három vonal zárt idomot (háromszög) alkot, ez automatikusan elkülönül azoktól az ábráktól, ahol az alakzat nem zárt (például az Y-tól). Kísérletünkben az ingerábrák vagy úgy változtak meg, hogy az alapvető sajátságok azonosak maradtak, vagy úgy, hogy az elemek új kombinációjaként az eredetileg nyitott alakzatból zárt lett. Ha a JULESZ (1981), illetve TREISMAN és GELADE (1980) által kifejtett automatikus detekció jelensége a vizuális észlelés általános sajátsága, úgy azt várhatjuk, hogy az ábrák váratlan záródását az ingermező szélén észreveszik a személyek, és e változás esetleg eseményhez kötött potenciál hatásokkal is jár.

A mozgás irányának észlelése a vizuális rendszer alapvető teljesítménye. Kísérletünkben az ábrák sajátsága általában megszabta a mozgásuk irányát. Egyes esetekben azonban a mozgás iránya a szokásostól eltért. Mivel a mozgás iránya a diszkriminációs feladat szempontjából nem volt lényeges, a személyeket erről nem tájékoztattuk. Ha azonban mégis kialakult valamilyen kapcsolat az ábrák sajátságai és a mozgás várható iránya között, azt várhatjuk, hogy a kialakult kapcsolatnak meg nem felelő mozgásirányra is felfigyelnek a személyek, illetve ennek jelei megjelennek az eseményhez kötött potenciálokban.

MÓDSZEREK

A kísérletben a Bárczi Gusztáv Gyógypedagógiai Főiskola 10 hallgatója vett részt (hat nő és négy férfi). Életkoruk 19 és 24 év között volt. Résztvételükért fizettünk.

Az ingerek egy 0,3 fok látószögnek megfelelő (150 cm távolságból) képzeletbeli négyzeten belül jelentek meg, a képernyő közepén. E négyzet csúcsait négy pont jelezte. E pontok az ingersorozat alatt állandóan láthatók voltak. Az ingerek egy vízszintes, egy függőleges és egy átlós vonalból álltak. A három vonal közös pontban futott össze, mely pont megfelelt a négyzet valamelyik csúcsának. A vízszintes és a függőleges vonal hossza a négyzet oldalainak felelt meg. Ilyen módon négy ábraváltozat állítható elő, s a kísérletben valamennyi változatot felhasználtuk. Az ábrák a látómező közepén való megjelenésüket követően hat további pozíciót vettek fel. E pozíciók az ábra átlójának megfelelő irányban helyezkedtek el. Az ábra minden egyes pozícióban 100 ms időtartamra jelent meg. Két

szomszédos pozícióban való megjelenés között 260 ms telt el. Az ábra megjelenése az egymás utáni pozíciókban látszatmozgáshoz vezetett, melynek során az ábra 5,2 fokot mozdult el a látómezőben, összesen 2260 ms alatt. *Standard* esetben az ábrák mozgása az ábra nyitott részének irányába esett. Az esetek 5 százalékában azonban a mozgás iránya ellentétes volt (*mozgásdeviáns*). (Tekintve, hogy a deviáns mozgás a második pozíciótól kezdődően értelmezhető, ERP hatásainál az ingermegjelenéstől mért latenciákból az értelmezéskor 360 ms levonandó.) Az esetek 5 százalékában az utolsó pozícióban a három vonal egy másik kombinációja jelent meg, azaz az ábra a képernyő síkjában elfordult (*forgásos deviáns*). További 5 százalékban a legtávolabbi pozícióban az ábra háromszöggé változott (*alakdeviáns*). A négy ábravariáns egyike volt a célinger. Amikor a mező közepén megjelent ez az ábra, a személynek (amilyen gyorsan csak tudta) meg kellett nyomnia egy gombot. A célinger megjelenésének valószínűsége 0,15 volt, a fennmaradó három változat mindegyikének valószínűsége pedig 0,28. Az 1. ábra az ingerek különböző típusait összegzi.

Minden 1440 ms-ban (azaz akkor, amikor a megelőző ábra az ötödik pozícióban volt) megjelent egy újabb ábra a középpontban. Két deviáns

1. ábra

A kísérletben alkalmazott Ingerek áttekintése

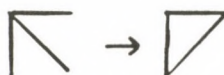
CÉL-INGER

STANDARD
MOZGÁS-IRÁNY

NEM CÉL-INGER

DEVIÁNS
MOZGÁS-IRÁNY

FORGÁSOS DEVIÁNS



ALAK-DEVIÁNS

inger között legalább két sztenderd ábra jelent meg, és két célinger között legalább két olyan ábra jelent meg, mely nem volt célinger. Egy ingersorozatban a középpontban 51-62 ábra jelent meg. Egy ülésen belül 10 ingersorozat volt.

Az agyi elektromos tevékenységet Ag/AgCl elektródokkal vezettük el az Fz, Cz, Pz, és Oz pontokról, azaz négy középvonali elektróddal. Referenciaként a fülkagylók szolgáltak. A szemmozgás-műtermékek kiszűrése érdekében regisztráltuk az EOG-tevékenységet a bal szem fölé ragasztott elektródokkal. A digitalizált elektromos tevékenységet (250 Hz mintavétel) diszken tároltuk. Azokat a próbákat, ahol az inger megjelenését követő 1500 ms-on belül az EOG-csatornán 50 mikrovoltnál nagyobb sávba esett az elektromos tevékenység, kihagytuk az átlagolásból. Az átlagolás kezdete 60 ms-mal megelőzte az ingerek megjelenését a középpontban. Az átlagolt eseményhez kötött potenciálok kvantitatív elemzése érdekében 60 ms-os sávokban kiszámítottuk a tevékenység átlagos értékeit (a 60 ms-os inger előtti szakasz átlagához képest).

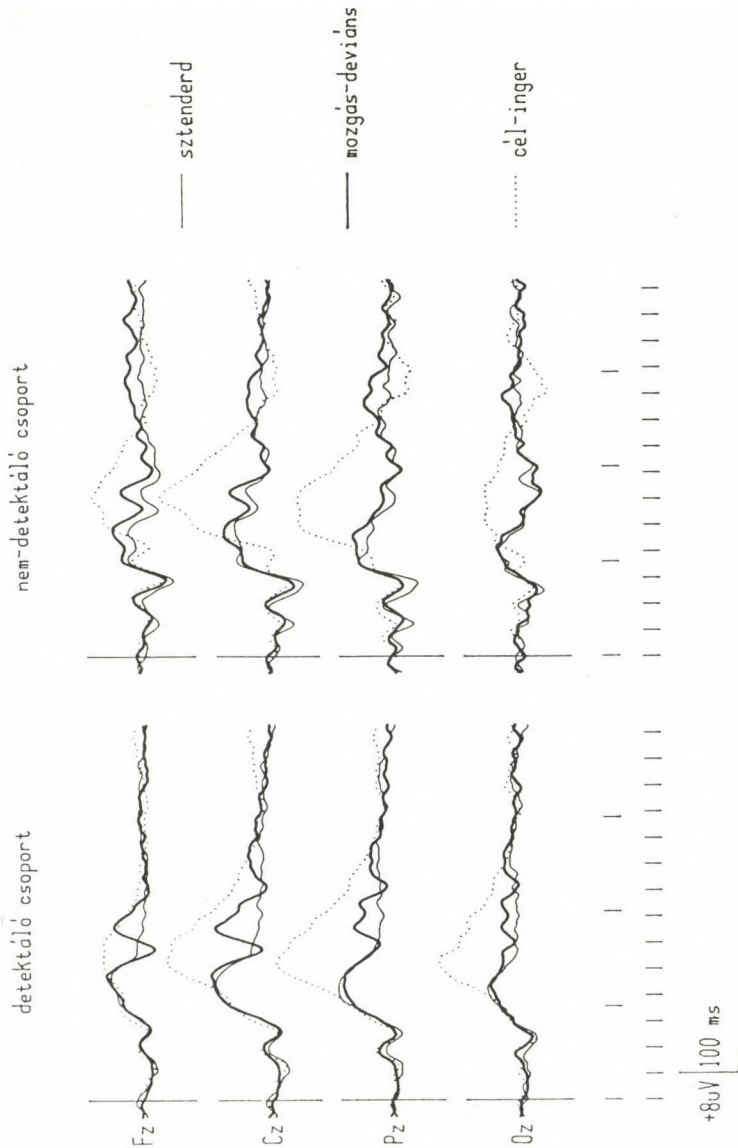
EREDMÉNYEK

A detekciós teljesítmény majdnem tökéletes volt, azaz az esetek 99 százalékában a célinger megjelenését követő 1440 ms-on belül gombnyomásos választ kaptunk. A személyeket az ülés után kikérdeztük arról, hogy észlelték-e a deviáns ingereket. A forgásos és alakdeviáns megjelenéséről egyetlen személy sem számolt be. Hat olyan személy volt (*detektáló csoport*), aki a mozgásdeviánst észlelte, négy személy viszont nem (*nem detektáló csoport*). Megjegyezzük, hogy e besorolásnál *alacsony* kritériumot használtunk, azaz minden olyan személy, aki válaszában bármilyen vonatkozásban az ábrák esetleges szokatlan mozgására utalt, a detektáló csoportba került.

A 2. ábra a sztenderd ingerekre, a célingerekre és a mozgásdeviáns ingerekre regisztrált eseményhez kötött potenciálokat mutatja. A forgásos deviáns, az alakdeviáns és a sztenderd azonos elektromos válaszokat váltott ki. E válaszokban a 208, illetve 265 ms átlagos latenciával megjelenő pozitív-negatív hullám volt közös.

A deviáns mozgásirány eseményhez kötött potenciál hatásait a 60 ms-os sávokban mért átlagos amplitudóértékek három szempontos varianciaanalíziseivel értékeltük (detektáló vs. nem detektáló csoport x standard vs. mozgásdeviáns x elvezetés). Ahol indokolt, a szignifikancia-értékeket a *Greenhouse-Geisser* eljárásnak megfelelően adjuk meg. [Az elektródák

Eseményhez kötött potenciálok a sztenderd (vékony vonal), célinger (pontosított vonal) és mozgásdeviáns (vastag vonal) esetében azoknál a személyeknél, akik észrevették ($n=6$) és akik nem vették észre ($n=4$) a mozgásdeviánst. A 100 ms intervallumokat mutató jelzések felett a jelek az ingerek egymás utánai pozíciókban való megjelenését mutatják, tehát a mozgásdeviancia a második ilyen vonaltól kezdve értelmezhető



helyének (elvezetés) főhatása számos sávban szignifikáns. Tekintve, hogy ez egyrészt triviális, másrészt nem kapcsolódik témánkhoz, e hatásokkal részletesen nem foglalkoztunk.] Az ingertípus (sztenderd vs. mozgásdeviáns) főhatása szignifikánsnak bizonyult a 600–780 ms közötti tartományban három 60 ms-os sávjában [$F(1/8) = 10,61; 9,81$ és $5,60; p < 0,01$ mindhárom esetben]. A 660–720 ms sávban szignifikáns volt a csoport x ingertípus-interakció [$F(1/8) = 7,60; p < 0,05$]. Tekintve, hogy a mozgás az inger megjelenését követően 360 ms-mal kezdődött el, a szignifikáns különbségeknek megfelelő fronto-centrális maximumot mutató pozitív hullám valószínűleg a mozgásdeviancia kezdetét követően a 240–420 ms tartományban regisztrálható, csúcslatenciája pedig 322 ms. Mint azt a 2. ábra mutatja, a pozitív hullám a detektáló csoportban kifejezett. Úgy tűnhet a második ábráról, hogy e csoportban a pozitív hullámot megelőzte egy negatív komponens, azonban ennek megjelenésére nincs megbízható statisztikai bizonyítékunk.

A célingerek nagy centro-parietális pozitív hullámot váltottak ki, átlagosan 530 ms csúcslatenciával. A három szempontos varienciaanalízisek szerint e célinger-hatás a 480–840 ms tartomány hat sávjában szignifikáns volt [$F(1/8) = 10,02-70,57, p < 0,05$ a 780–840 ms sávban, $p < 0,01$ a 480–540 és 720–780 ms sávokban, $p < 0,001$ az 540–660 ms tartomány három sávjában. Az ingertípus x elvezetés interakció a 420–840 ms tartomány hat sávjában volt szignifikáns [$F(3/27) = 5,59-13,78; p < 0,05$ a 420–480, 600–660 és 720–780 ms sávokban, $p < 0,01$ a 480–540, 540–600 és 660–720 ms sávokban].

DISZKUSSZIÓ

A kísérlet meglepő eredménye volt, hogy a személyek nem vették észre, amikor a nyitott alakzat a fixált terület közepétől 5 foknyira (azaz egyáltalán nem a látótér legszélén) nyitott alakzattól zártra változott (alakdeviáns). A látómező közepén megjelenő, a feladatvégzés szempontjából releváns ingerek feldolgozása tehát megakadályozta annak a deviáns ingernek a detekcióját, mely kirívóan különbözik a sztenderd ingerektől (JULESZ, 1981). Úgy tűnik tehát, a figyelmi szelekció hatással lehet az információfeldolgozás olyan típusaira is, melyeket *automatikusnak* tartunk. E megállapításra más kísérleti elrendezések is szolgáltatnak érveket (HOFFMAN és mtsa., 1983).

A deviáns mozgásirány a látómező centrális (figyelt) részén is észrevehető volt, hiszen az inger megjelenésének második pozíciója is 1 fokon belül volt, ami egyes mérések szerint a figyelmi mező kiterjedése (ERIK-

SEN és HOFFMAN, 1972). A vizsgált mintában a deviáns mozgásirány a detektálhatóság határán volt a (a csoportnak mintegy a fele vette észre). Az eseményhez kötött potenciál eredmények megfelelnek ennek a megfigyelésnek. Meggyőző eseményhez kötött potenciál változásokat azoknál a személyeknél kaptunk a deviáns mozgás esetében, akik észrevették a mozgás szokatlan irányát. Az eseményhez kötött potenciál változás fronto-centrális pozitivitás volt (322 ms csúcslatenciával) a 240–420 ms latenciásvanban. E hullámnak kezdete is és a csúcsa is korábban jelentkezett, mint a célingerre jellemző késő pozitivitás. A két hullám eloszlása is eltért, hiszen az utóbbi hullámnál a maximális amplitudót hátsóbb területek felett regisztráltuk (centro-parietálisan). Mindezek alapján a mozgásdeviánsra jellemző pozitív hullám a P3a komponenssel mutat rokonságot. Ezt az összetevőt a kiváltó ingerre való orientációval hozzák kapcsolatba (NÄÄTÄNEN és GAILLARD, 1983), mely interpretáció megfelel azoknak a körülményeknek, amelyek között e hullám kísérletünkben megjelent. Bár statisztikailag nem volt megbízható eredmény, meg kell jegyeznünk, hogy e hullámot gyakorta negativitás előzte meg, mely a P3a komponenssel igen gyakran együtt regisztrálható N2b összetevő lehet.

A nem detektált deviáns ingersajátságok tehát e kísérletben sem váltottak ki olyan eseményhez kötött potenciál komponenseket, melyeket az össze nem illési negativitással hozhatnánk kapcsolatba. Amikor azonban az ingerdeviancia elérte a spontán detekció küszöbét, éles P3a komponens jelent meg az eseményhez kötött agyi tevékenységben.

A kézirat elfogadva: 1990. február

IRODALOM

- CSIBRA Gergely, CZIGLER István, sajtó alatt, Vizuális összemérés: A figyelem és a fontosság megjelenése az eseményhez kötött potenciálokban, *Pszichológia*.
- CZIGLER István, 1988, *A figyelem kognitív pszichológiája*, Tankönyvkiadó, Budapest.
- CZIGLER István, 1989, Eseményhez kötött potenciálok negatív összetevői és a vizuális információfeldolgozás, *Pszichológia*, 9, 539–610.
- CZIGLER István, CSIBRA Gergely, sajtó alatt, Event-related potentials in a visual discrimination task: negative waves related to detection and attention, *Psychophysiology*.
- ERIKSEN, C.W., HOFFMANN, J.E., 1973, The extent of processing of noise elements during selective from visual display, *Perception and Psychophysics*, 14, 155–160.
- HOFFMAN, J.E., NELSON, B., HOUCK, M.R., 1983, The role of attentional resources in automatic detection, *Cognitive Psychology*, 15, 379–410.

- JULESZ Béla, 1981, Textons, the elements of texture perception and their interactions, *Nature*, 290, 91-97.
- MARTON Magda, 1984, A környezet valószínűségi értékelése és az átlagolt agyi potenciál (I), *Pszichológia*, 4, 3-19.
- NÄÄTÄNEN, R., 1986, A nagyon rövid idejű akusztikus (echoikus) emlékezet idegélettani alapjai az eseményhez kötött potenciálok és a magnetoencephalogram alapján, *Pszichológia*, 6, 329-340.
- NÄÄTÄNEN, R., GAILLARD, A.W.K., 1983, The orienting reflex and the N2 deflection of the ERP. In: GAILLARD, A.W.K., RITTER, W. (eds.), *Tutorials in event-related potential research: Endogenous components, Advances in Psychology*, Vol. 10. North Holland, Amsterdam, 119-141.
- NEISSER, U., 1984, *Megismerés és valóság*, Gondolat Könyvkiadó, Budapest.
- NYMAN, G., ALHO, K., LAURINEN, P., PAAVILAINEN, P., RADIL, T., REINIKAINEN, K., SAMS, M., NÄÄTÄNEN, R., sajtó alatt, Mismatch negativity (MMN) for sequences of auditory and visual stimuli: Evidence for a mechanism specific to the auditory modality, *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*.
- RENAULT, B., RAGOT, R., LESEVRE, N., REMOND, A., 1982, Onset and offset of brain events as indices of mental chronometry, *Science*, 215, 1413-1415.
- SIMSON, R., VAUGHAN, H.G.Jr., RITTER, W., 1977, The scalp topography of potentials in auditory and visual discrimination tasks, *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 42, 528-535.
- SQUIRES, N.K., SQUIRES, K.C., HILLYARD, S.A., 1975, Two varieties of long-latency positive waves evoked by unpredictable auditory stimuli in man, *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 38, 387-401.
- TREISMAN, A.M., GELADE, G., 1980, A feature integration theory of attention, *Cognitive Psychology*, 12, 97-136.
- TREISMAN, A.M., PATTERSON, R., 1984, Emergent features, attention and object perception, *Journal of Experimental Psychology, Human Perception and Performance*, 10, 12-31.

Gergely Csibra and István Czigler

EVENT-RELATED POTENTIALS AND UNEXPECTED DIRECTIONS OF MOTION OF VISUAL SHAPES

Event-related potentials of ten subjects were recorded to visual shapes moving across the visual field. The subjects had to respond to the appearance of one of the shapes, while other shapes were irrelevant. On the periphery the shapes might change their orientation or their form.

Sometimes the direction of movement was different from the standard direction. Subjects didn't detect the changes of the pattern on the visual periphery, and the ERPs to these non-detected deviants were identical to the ERPs to the standard stimuli. Six subjects detected the irrelevant direction of movement. At these subjects the deviant direction of motion elicited a fronto-central positive wave (P3s) with 322 ms mean latency. There was no such sharp positive peak at the four subjects who didn't detect the deviant direction of movement. Unlike the non-target stimuli, the targets elicited a large positive wave (P3b) with 530 ms mean latency.