

## Változás-detekció és orientáció

Zárójelentés a 47038 sz. OTKA pályázatról

Vezető kutató: Czigler István

### 1. Eltérés a vizuális ingerlés szabályszerűségeitől

A vizuális észlelés elméletében elterjedt nézet szerint vizuális rövid tartamú emlékezetre nincs szükség, mivel a látvány, mint „külső memória” folyamatosan rendelkezésre áll. A tárolás arra kisebb számú objektumra korlátozódik, melyek a figyelem fókuszában álltak. Ezeknek az objektumoknak a tárolása pedig a rövid tartamú emlékezet szabályai szerint történik<sup>1</sup>. A hallás területén elektrofiziológiai módszerekkel kimutatható volt egy olyan háttér-tárolás, mely folyamatosan regisztrálja az akusztikus környezet szabályszerűségeit, és alapul szolgál az ettől eltérő ingerlés detekciójához. Ez az emlékezeti rendszer automatikusan működik, abban az értelemben, hogy kialakulásához nincs szükség figyelmi folyamatokra, továbbá nincs tudatos reprezentációja. Vizsgálatainkban megállapítottuk, hogy hasonló emlékezeti rendszer működik a látás területén, e rendszer egységként tárol sajátosság-csoportokat. Kutatásaink célja volt e szenzoros emlékezeti rendszer sajátosságainak vizsgálata.

#### *a.) A szenzoros emlékezeti rendszerben idői integrációs folyamatok működnek*

Eredményeinket kihagyásos eljárással és rövidebb szekvenciák befejeződését követő eseményhez kötött potenciálok (EKP) elemzésével értük el. A kihagyásos eljárásban az ingerek közötti intervallumot változtattuk, és időnként egy-egy inger kihagytuk. Így beállítható egy olyan kritikus intervallum, melynek esetében a kihagyás vizuális eltérési negativitás (vEN) EKP összetevőt vált ki. A hatás azon alapul, hogy a kritikus időtartam esetén az idői integrációs ablak egyetlen, míg a szabályos esetben két eseményt (inger) tartalmaz. A rövid szekvenciák befejezését követő elemzésben a független változó szintén az ingerek közötti intervallum volt, itt a „deviáns” idői ablak a szekvencia utolsó ingerét és az azt követő időtartamot jelenti. Mindkét mérés esetében a kritikus időtartam 170-200 ms-nak adódott, ami

hasznos a hallás területén mért integrációs ablak hosszával. Eredményeink szerint tehát a vizuális szenzoros emlékezeti tárolás „idői csomagokat” hoz létre. Megvizsgáltuk az integrációs ablak esetleges életkori változásait. Hallási kísérletben nem találtunk lényeges életkori eltérést fiatal és idős felnőttek között<sup>2</sup>

*b.) Az emlékezeti rendszer érzékeny szekvenciális szabályosságokra.*

Vizsgálatainkban szabályos, AABBAABB szekvenciában jelenítettünk meg vizuális ingereket, azonban időnként a szabályosságokat egy harmadik azonos ingerrel (AABBAABBBAA...) megsértettük. Az eredmények szerint a szekvenciális szabályosságot megsértő inger kiváltja a vEN jellegű EKP összetevőt. Nem vált ki viszont ilyen összetevőt a szabályos változásnak megfelelő esemény, ami azt mutatja, hogy nem egyszerűen változás-detekciót jelez a vEN, hanem egy kialakult szabályosság megsértését. A szabályos változással kiváltott válaszoknál egyébként az ingerekre „kötelezően” jelentkező EKP összetevők (exogén komponensek) nem voltak nagyobbak, mint az akár szabályos akár szabálytalan ismétléssel kiváltott válaszok, mely eredmény ellentétben áll azokkal a magyarázatokkal, melyek a vEN mögött egyszerűen az ismétlődés hatására bekövetkező refrakter állapotokat tételeznek fel.<sup>3</sup>

*c.) Vizuális maszkolás és vEN*

E kísérletek célja egyrészt az volt, hogy erős cáfolatát adjuk a vEN-t refrakter állapottal magyarázó felfogásnak, másrészt az, hogy adatokat nyerjünk az emlékezeti rendszer felépüléséhez szükséges minimális időről. A kísérletekben a szabályos (sztenderd) ingerek között kis gyakorisággal eltérő (deviáns) ingerek szerepeltek, azonban a sztenderd és a deviáns ingereket is mintázott maszk követte. A maszk csak igen rövid, 20-40 ms inger-maszk intervallum esetében akadályozta meg a vEN megjelenését. A kontoll pszichofiziológiai kísérletekben viszont az inger azonosításának teljesítménye még ezen az időtartamon túl is fokozatos javulást mutatott. Mindez i. az emlékezeti rendszer gyors felépülését mutatja, ii.

hosszabb időtartam alatt is megmutatkozik a maszkolás perceptuális hatása, azaz tudatos élmény és a vEN disszociációját, iii. a vEN mögött álló emlékezet nem azonosítható a maszkolható ikonikus emlékezettel, iv. Rövid inger-maszk időtartamok esetében az ingerektől különböző maszk meggátolta a vEP létrejöttét, ami arra utal, hogy a sztenderd és deviáns közötti EKP eltérés oka nem lehet kizárólag az ismétlődő sztenderd ingersajátságokra kialakult refrakter állapot.<sup>4</sup>

*d.) Szabályszerűségek felépülése és a figyelmi folyamatok moduláló hatása.*

A szenzoros emlékezet érzékenységet az ingerlés szabályszerűségeinek regisztrálására a „klasszikus” modalitásban, akusztikus ingerléssel is vizsgáltuk az eltérési negativitás (EN) segítségével. Azért alkalmaztunk itt akusztikus ingerlést, mivel korábbi vizsgálatok e modalitásban kimutatták, hogy ha párhuzamosan két ismétlődő hangsort mutatunk be a két fülnek (dichotikus helyzet) és azt a feladatot adjuk, hogy az egyik (figyelt) fülben az ismétlődést megsértő ingerekre válasz gombot nyomjon, akkor a másik (nem figyelt) fülben előforduló hasonló, az ismétlődést megtörő ingerek nem váltják ki az EN hullámot. Ez azt jelenti, hogy a figyelem megvonása vagy nem teszi lehetővé az ismétlési szabályosság reprezentációjának felépítését, vagy megakadályozza a szabályosságot megsértő ingerek detekcióját (összevetésüket a szabályosság reprezentációval); esetleg mindkét folyamatot gátolja. Kísérletünkben a személyek a fent leírthoz hasonlóan dichotikus bemutatással két ismétlődő hangsort hallgattak, melyekben az ismétlődést azonos módon megtörő „deviáns” hangokat iktattunk be. A feladat az ingerblokkon belül időnként változott: A) Vizuális feladat: a képernyőn bemutatott fixációs kereszt ritka változásaira kellett válasz gombot nyomni; ez egy semleges feladat, amelyben korábbi kísérletek tanúsága szerint mindkét fülben kiváltódik az EN. B) Az egyik vagy másik fülben megjelenő szabálysértő hangokra kellett válasz gombot nyomni; a várható eredményt lásd fent. Külön-külön átlagoltuk a szabálysértő hangokra adott eseményfüggő agyi válaszokat az alábbi csoportosításban (csak a feltett kérdéshez közvetlen kapcsolódó csoportokat tekintve): 1) A szabályos ingerek bemutatása alatt a semleges feladatot végzi, a

szabálysértő inger bemutatása idején az ellenkező fülbe adott hangsorra figyel; 2) A szabályos ingerek bemutatása idején az ellenkező fülbe adott hangsorra figyel, a szabálysértő inger bemutatása idején a semleges feladatot végzi. Eredményeink azt mutatták, hogy az 1. esetben kiváltódott az EN, míg a 2.-ban nem. Ez azt jelenti, hogy a figyelem megvonása a szabály-reprezentációk felépítését gátolja, a szabálysértő ingerek detekcióját nem (ha korábban már felépült a szabály-reprezentációja). A korábban már vizsgált helyzetekben, azaz amikor végig semleges a feladat és a résztvevő a teszt hangsorra végig figyel, illetve végig nem figyel, a korábbi vizsgálatokban leírt eredményeket kaptuk.

*e.) Elméleti és módszertani kérdések.*

Megfogalmazzuk azt a két kérdéscsoportot, melynek elemzése nélkülözhetetlen a EN és a mögötte álló folyamatok vizsgálatában. Az első a figyelmi témakör. Az vEN kísérletekben szükség van arra, hogy bemutassuk, nem figyelmi komponenseket regisztrálunk, hanem a szabályosságokat megsértő eseményekre érzékeny automatikus hatásokat. Ebből a szempontból kritikusan elemeztük a vEN szakirodalmát. A második kérdéskör az emlékezeti összemérés feltételezése, szemben a refrakter állapottal magyarázó feltevésekkel. Az irodalom elemzése (és ezen belül saját eredményeink) alapján azt a következtetést vontuk le, hogy a memória-összemérés feltételezése nem vethető el.<sup>5</sup>

## **2. Kellemetlen zajok hatása az eseményhez kötött potenciálokra.**

Egyes kellemetlen zajokra (például kréta csikordulása táblán) különösen érzékenyek vagyunk. Vizsgálataink célja az volt, hogy az ilyen kellemetlen zajok az észlelési működésekben kiváltanak-e már viszonylag korai eltéréseket. Dr. Trevor Cox (Salford University) szintetizált ilyen zajokat, melyeket felhasználtunk ingerként eseményhez kötött potenciál vizsgálatokban. Módszerünkben e kellemetlen hangokat akusztikus diszkriminációs feladat háttérében mint ritka, de

irreleváns ingereket adtuk. Eredményeink szerint semleges (mindennapi) hangokhoz képest a kellemetlen hangok a 150-250 ms latencia sávban fokozott negativitást váltanak ki, melyet frontális pozitivitás követ. Értelmezésünk szerint a korábbi hatás egy nagyobb kiterjedésű neurális kör működése, melyben limbikus struktúrák is részt vesznek, míg a későbbi hatás kognitív kiértékeléssel és emlékezeti folyamatokkal kapcsolatos.<sup>6</sup>

### **3. Orientációs változások idős korban**

E kutatásokban feladathoz nem kapcsolódó, jelentéssel rendelkező események („újdonság-ingerek”) hatását vizsgáltuk idős és fiatal csoportokban. Az újdonság-ingerek diszkriminációs feladatok háttérében jelentek meg. Célunk az ismételt megjelenéssel kiváltott eseményhez kötött potenciálok vizsgálata volt, különös tekintettel az orientációs hatásokkal illetve a konfliktus-kezelés kapcsán jelentkező N2b, és feldolgozás utóhatásaként megjelenő P3a összetevőkre.

#### *a.) Inger-specifikus habituáció.*

Fiatal és idős csoportban hasonlítottuk össze jelentésteli színes képek (újdonság-ingerek) ismételt bemutatásával kiváltott válaszok habituációját. A személyek hang-diszkriminációs feladatban jelezték ritkább eltérő magasságú hangok megjelenését, és egyidejűleg vizuálisan megjelenített betűk változását is regisztrálták (ez utóbbi célja a fixáció biztosítása volt). A fiatal csoportban a P3a együttes korai tagja (a 220-255 ms latencia-sávban) az ismételt bemutatásra jelentős amplitúdó-csökkenést mutatott. Hasonló tartalom-függő habituáció nem jelentkezett az idős csoportban, ahol az e komponensnek megfelelő aktivitás lényegesen később jelentkezett. N2b-t csak az idős csoportban regisztráltunk, valószínűleg az átfedő pozitív aktivitás miatt. Az eredmények szerint az idős csoportban csökkent az érzékenység az inger tartalmára. A feldolgozási folyamatok időskori lassulása megjelent mind az újdonság- mind a feladathoz kötődő ingerek feldolgozásában.<sup>7</sup>

*b.) Újdonság-hatások habituációja: vegetatív és agyi elektromos mutatók*

Vizuális diszkriminációs feladat háttérében bemutatott újdonság-ingerek gyors (sorozaton belüli) és hosszú távú (a kísérleti ülés egészén áthúzódó) habituációját vizsgáltuk a bőrvezetési válasz, a szívritmus és az eseményhez kötött potenciálok elemzésével. Az idős csoportban nem találtunk habituációs jelenségeket, a fiataloknál viszont a P3a és az N2b EKP összetevők és a bőrvezetési válasz rövid- és hosszú tartamú habituációt mutatott. A szívritmus változásaiban ugyanakkor nem mutatkozott habituáció. Az orientációs válaszok általános szintje az idős csoportban alacsonyabbnak mutatkozott. Eredményeink szerint idős személyeknél nehezebben váltható ki, és kisebb intenzitásúak az orientációs válaszok, azonban megjelenésük esetén ezek tartósabbak. Az eredmények értelmezhetők az időskori gátlási folyamatok hatékonyságát hangsúlyozó megközelítések szerint.<sup>8</sup>

*c.) Újdonság-feldolgozás és emlékezeti terhelés*

Orientációt kiváltó események hatása jelentősen függhet attól, milyen feladatfüggő feldolgozási folyamatok zajlanak az ilyen ingerek megjelenésekor. Vizsgálatunkban idős és fiatal csoportokban betű-összemérési feladat közepette vizsgáltuk újdonság-ingerek feldolgozását. Az újdonság ingerek az összemérendő betű-pároknak vagy az első, vagy a második tagját helyettesítették. Az első tag esetében összemérési feladat ingere még nem terhelte a munkaemlékezetet, a második esetben viszont tárolta a feladat-függő ingert, mely egyben elveszítette relevanciáját az újdonság-inger megjelenésével. A fiatal csoportban a pár első tagját helyettesítő újdonság-ingerre egy hosszabb elülső negativitást regisztráltunk, szemben az idős csoporttal, ahol ezek az ingerek a szokványos N2b-P3a együttest váltották ki. E negativitást az orientációt követő gátló folyamatok egy különösen intenzív megjelenésének tulajdonítottuk, mely magában foglalta az egész próbára vonatkozó gátlási működéseket. Az orientációra, újdonság-feldolgozásra jellemző N2b és P3a, valamint az információ-feldolgozás idői jellemzőjeként megbízhatóan regisztrálható P3b e kísérletben is lassulást mutatott az idős csoportban.<sup>9</sup>

A reorientációs hatások életkori változásait vizsgáló kísérletünkben (akusztikus diszkriminációs kísérlet, melyben az ingerek ritkán egy irreleváns tulajdonságban is eltértek a gyakoriaktól), a reorientációs (figyelmi váltási) hatásra jellemző EKP összetevőben (reorientációs negativitás; RON) is tekintélyes késést találtunk idős személyeinknél<sup>10</sup>

#### **4. Az orientációra jellemző eseményhez kötött potenciálok megjelenésének feltételei**

##### *a.) Mi vált ki orientációt?*

Az orientáció/újdonság-detekció vizsgálatában alkalmazott két legtöbbet alkalmazott kísérleti eljárás a három-ingeres és az újdonság-oddball („kakukktójas”) helyzet. A három-ingeres oddball kísérletben a diszkriminációs feladat ingereitől jelentősen eltérő, választ nem követelő ritka ingerre jelentkezik az orientációra jellemző P3a (és N2b) EKP összetevő, az újdonság-oddball helyzetben pedig minden egyes feladat-irreleváns inger más és más. Míg a három-ingeres oddball irreleváns ingere „kissé”, az újdonság-inger irreleváns ingere jelentősen érdekesebb, újszerűbb, mint a feladat-ingerek. Kérdésünk: szükséges-e az „érdekesség” (másként fogalmazva „információ-feldolgozási követelmény”) a P3a EKP összetevő kiváltására. Kísérletünkben először megfordítottuk a szokványos helyzetet: a feladat-ingerek voltak érdekesek (pozitív és negatív emóciókat kiváltó képek sorozatában az élelmiszereket is tartalmazó képekre kellett reagálni), a ritka irreleváns ingerek viszont homogén szürke foltok voltak. E helyzetben nem jelent meg P3a, azaz az inger ritkasága, mint olyan nem elégséges az orientációs komponens létrejöttéhez. Amikor hasonló helyzetben az irreleváns ingerek komplex, de jelentés nélküli képek voltak (fraktálok), N2b-t regisztráltunk, viszont P3a-t nem. Az érzelem-teli képek világosság-diszkrimináció esetében kiváltották a P3a összetevőt. Eredményeink szerint a valószínűség és az ingerkomplexitás nem önmagában határozza meg az orientációs választ. Lényeges a feladat-ingerek és az irreleváns ingerek feldolgozási követelményeinek viszonya.<sup>11</sup>

b.) *A mentális terhelés hatása az orientációs komponensekre.*

A feladat jellemzői és az újdonság-ingerek kölcsönhatásai közül a mentális terhelés hatását vizsgáltuk az N2b és P3a összetevőkre. A kísérleti eljárás a zaj/kompatibilitási paradigma<sup>1</sup> egyik változata volt. A mentális terhelést másodlagos, emlékezeti letapogatási feladat nehézségével variáltuk. Újdonság-ingerek megjelenhettek a feladat célingereinek vagy zavaró ingereinek pozíciójában. Az eredmények szerint a mentális terhelés nem változtatott az N2b és P3a összetevőkön, viszont hatással volt ezekre az összetevőkre, hogy a feladat-releváns vagy a zavaró ingerek helyén jelentek-e meg. Az előbbi esetben a komponensek nagyobbak voltak, mint az utóbbiban, a legkisebb orientációs komponensek pedig az önmagukban megjelenő újdonság-ingerekre mutatkoztak.<sup>12</sup>

## **5. Hipoxia-hatások az újdonság-detekcióra**

Korábbi kutatásainkban barokamrában szimulált 5500 méteres magaslati körülmények között kimutattuk, hogy az oxigénhiányra egyes prefrontális működések legsérülékenyebbek, így az újdonság-detekció is. Egy másik szimulációs technika – a változó oxigéntartalmú levegő belélegeztetése - bevezetése lehetővé tette, hogy az oxigénhiány és a légköri nyomás változásának hatásait elkülönítsük. Várakozásunknak megfelelően a kb. 5000 méteres magasságnak megfelelő 80%-os vér oxigén telítettségénél kimutattuk az újdonság P3a komponens csökkenését. Ezzel igazolást nyert, hogy a korábban leírt hatásokat az oxigénhiány és nem a magassági szimulációval járó hirtelen nyomásváltozás okozza. A hatás specifikusnak mutatkozott az újdonság detekcióra – nem változtak sem a célingerek, sem a válaszgátlást kívánó ún. NoGo ingerek által kiváltott EKP komponensek. Ezzel a módszerrel lehetővé vált, hogy tartósan elviselhető, kisebb mértékű oxigénhiány hatásait is vizsgáljuk. Ezeket a vizsgálatokat a kb. 3000 méteres magasságnak megfelelő 90%-os vér oxigén telítettségénél végeztük. Ebben a kísérletben nem találtunk statisztikailag igazolható P3a csökkenést. A megfigyelt nem-szignifikáns tendencia arra utal, hogy a hatás csak



hosszabb idő elteltével jelentkezhet - a szöveti oxigéntartalék lassúbb ütemű csökkenése miatt.<sup>13</sup>

Az újdonság-detekció területén kialakított módszereket, melyeket a pályázat keretei között az életkori változások és a hipoxia területén végeztünk, kiterjesztettük egy további irányba. *Az európai űrkutatási programok keretében jelenleg a PECS finanszírozásával előkészületek folynak a nemzetközi űrállomáson e módszerek alkalmazására. A módszer a mikrogravitáció előidézte vizuális lokalizációs bizonytalanság terhelési hatásainak vizsgálatára kerül alkalmazásra.*

A bemutatott kutatásokból a vizuális szenzoros emlékezet területe emelhető ki. Kutatásaink rámutatnak a vizuális környezet szabályszerűségeit automatikusan regisztráló rendszer sajátosságaira, mely az akusztikus világ észleléséhez hasonlóan „primitív intelligenciaként” működik. Eredményeinket e területen a nemzetközi irodalom elismeri, így a pályázat vezető kutatója e területen három nemzetközi konferencián rendezett meghívott szimpóziumot. A téma kutatásai az OTKA támogatásával jelenleg is folynak.

<sup>1</sup>A hivatkozás leggyakoribb alapja a változási vakság jelensége. Erről l. a pályázat publikációs jegyzékében: Czigler, I. (2005)

<sup>2</sup>A vizuális kísérlet a pályázat publikációs jegyzékében Czigler, Winkler, Pató, Várnagy & Balázs, 2006; az összehasonlító idős/fiatal vizsgálat: Horváth, Czigler, Winkler & Teder, 2007.

<sup>3</sup>A pályázat publikációs jegyzékében Czigler, Weisz & Winkler, 2006.

<sup>4</sup>A pályázat publikációs jegyzékében Czigler, Weisz & Winkler, 2007.

<sup>5</sup>A pályázat publikációs jegyzékében Czigler, 2007.

<sup>6</sup>A pályázat publikációs jegyzékében Czigler, Cox, Gyimesi & Horváth, 2007.

<sup>7</sup>A pályázat publikációs jegyzékében Czigler, Pató, Poszet & Balázs, 2006.

<sup>8</sup>A pályázat publikációs jegyzékében Weisz és Czigler, 2006

<sup>9</sup>Czigler és Pató, publikációra előkészítve

<sup>10</sup> A pályázat publikációs jegyzékében Horváth, Czigler, Birkás, Winkler & Gervai, in press.

<sup>11</sup> A pályázat publikációs jegyzékében Sulykos és Czigler, 2008.

<sup>12</sup> A pályázat publikációs jegyzékében Pató, 2008, Pató és Czigler, 2006.

<sup>13</sup> A publikációs jegyzékben Balázs, 2005

