

A mennyiségdetekció feladványa *Két rivális elmélet ütköztetése*

PALATINUS ZSOLT – KRAJCSI ATTILA¹

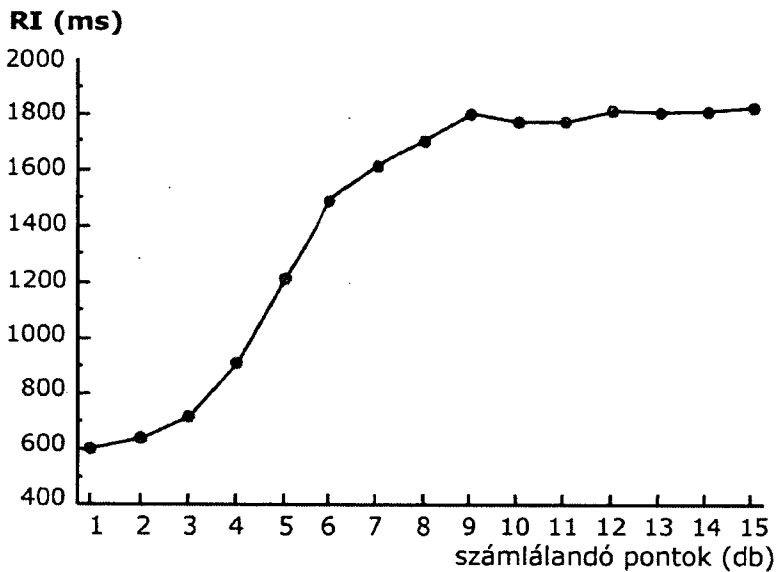
Tárgyak mennyiségének megállapításakor 4-ig az emberek viszonylag gyorsan számolnak (szubitizálnak), míg 4 fölött relatíve lelassulnak (számolás). A mennyiségek észlelésében tapasztalható mintázatkülönbség magyarázatában uralkodó kétféle megközelítést teszteltük. Az analóg mennyiségi reprezentáció (vagy mentális számegyenes) képviselői szerint a mennyiségi reprezentációk (WEBER törvényének megfelelő) jellemzői miatt könnyebb a 4 alatti számok diszkriminációja, ugyanis itt a számok között a relatív különbség viszonylag nagy, ám 4 fölött a különbség csökken és ennek következtében a mennyiség felismerése több időt vesz igénybe. A másik megközelítés szerint a tárgy alapú vizuális figyelmi rendszer (prekonceptuális) összetevői okozzák a szubitizáció és a számolás (reakció-időkben) kirajzolódó különbségét: négy alatt ugyanis pusztán a foglalt tárgyfájlokat (vagy vizuális indexeket) kell megszámolni, míg négy fölött a tárgyfájlok más objektumokra való áthelyezése plusz időt igényel. Vizsgálatunkban a mentális számegyenes egyéni különbségeit, a vizuális index egyéni mutatószámait és a szubitizáció terjedelmét korreláltattuk egymással. Az eredmények szerint a mentális számegyenes jósolja be a szubitizáció terjedelmét, míg a vizuális rendszer általában a pontok számolásának sebességét.

1 Bevezetés

A számolási feladatok mennyiségek észlelésének képességét tesztelik. A kísérleti pszichológia kutatási területein a múlt század közepén jelentek meg a mennyiségek detektálásával kapcsolatos kérdések (KAUFMAN, LORD, REESE és VOLKMANN, 1949). Hamar világhosszá vált, hogy rövid bemutatási idő mellett az

¹ Szegedi Tudományegyetem Pszichológia Tanszék Megismeréstudományi Csoport; email: palatoki@freemail.hu, krajcsi@pszichologia.hu

emberek nagyon gyorsak és pontosak 1–3 céltárgy számosságát illetően, de 4 fölött a pontosság csökken, és a reakcióidő meredeken emelkedni kezd, majd 7 fölött újra ellaposodik a görbe. Ebből a megfigyelésből származik a feltételezés, hogy több külön folyamat, vagy akár külön rendszerek játszanak szerepet a számolás során. MANDLER és SHEBO (1982) híressé vált munkájában 200 ms ideig mutatott vizuális ingereket, a feladat a számosság megállapítása volt. Az alábbi, tipikusnak tekinthető ábra jól mutatja a tartományok közti különbséget.



1. ábra: Számolási reakcióidők a számolандó pontok mennyiségének függvényében MANDLER ÉS SHEBO (1982) nyomán

Kevés kivételtől eltekintve, ma a kutatók zöme egyetért tehát abban, hogy a számolásban három elkülöníthető folyamat figyelhető meg:

1. szubitizáció
1–3 elemnél gyors (20–50 ms céltárgyanként), pontos
2. számolás
4–7 elemnél lassabb (200–300 ms céltárgyanként), pontos
3. becslés
7 elem fölött konstans reakcióidő (kb. 1200 ms), pontatlan

Ha csupán a szubitizáció és a számolás különbségeit tekintjük, a reakcióidőn és a pontosságon túl egyéb különbségek is felmerültek. A számolással ellentétben a szubitizáció nem igényel szemmozgást (ATKINSON et al., 1976, SIMON és VAISHNAVI, 1996), nincs közben szubvokalizáció (LOGIE és BADDELEY, 1987), nem befolyásolja a téri elrendezés (ATKINSON et al., 1976, MANDLER és SHEBO, 1982, TRICK és PYLYSHYN, 1994). Ezeknek az eredményeknek a fényében jogosan merül fel a kérdés, hogy milyen mechanizmusok működhetnek a kvantifikálás hátterében. A továbbiakban csak a szubitizáció és a számolás különbségével foglalkozunk, a becslés jelenségét itt nem vizsgáljuk. A két típusú kvantifikáció mögött többféle folyamatot tételeznek fel a kutatók. Jelen munkánkban a két legvalószínűbb, legdominánsabb rivális elmélet versenyztetésére vállalkozunk.

2 A szubitizáció és a számolás lehetséges okai

2.1 Mentális számegeyes (analóg mennyiségi rendszer)

Az egyik lehetséges magyarázatot a *mentális számegeyes* elméletében találhatjuk meg. Eszerint a számosság megértésének, a számokkal történő összehasonlító műveletek végrehajtásának alapja egy modalitásfüggetlen, analóg mennyiségrepresentáció lehet. A képalkotó eljárások tanúsága szerint a mentális számegeyes a kétoldali intraparietális sulcusba lokalizálható (DEHAENE, DEHAENE–LAMBERTZ és COHEN, 1998). A rendszer, pontosságát tekintve WEBER törvényének megfelelő jellemzőkkel rendelkezik, tehát minél nagyobb a bemutatott mennyiség, annál pontatlanabb ábrázolás készül. Ez a rendszer lenne felelős olyan, mennyiségekkel kapcsolatos feladatok megoldásáért, mint például a becslés vagy a közelítő számolás. Az analóg mennyiségrendszer zajossága a pontok, betűk és arab számok összehasonlításakor tapasztalható *távolsághatást* és *mérethatást* is magyarázza (DEHAENE et al., 1998).

Ez a mechanizmus pontatlan reprezentációja révén magyarázhatja a *szubitizációt* is (GALLISTEL és GELMAN, 2000, DEHAENE és COHEN, 1994): a 4 alatti számok esetében könnyű a diszkrimináció, ugyanis a számok között a relatív különbség viszonylag nagy, ám 4 fölött a különbség csökken, és ennek következtében a mennyiség felismerése több időt vesz igénybe.

2.2 Tárgyfájl rendszer

Ez a megközelítés ma a legerősebb riválisa a mentális számegeyes elméletnek. Az alapötlet ezúttal nem a numerikus megismerés, hanem az észlelés kutatásának berkeiből származik. A figyelem alapegységének kutatásából bontakozik ki egy

tárgy alapú figyelmi rendszer feltételezése. Ez a mechanizmus a jellegzetességek (features) vagy a téri lokalizáció helyett magukat a tárgyakat emeli fókuszba.

A tárgy alapú figyelmi rendszer egyik ígéretes modelljét ZENON PYLYSHYN dolgozta ki (PYLYSHYN, 2001). A szerző feltételez egy prekonceptuális eszközt, mely a látórendszer része, s feladata a látótérben észlelhető objektumok kijelölése. Ez a kijelölés (vizuális index) egyfajta hivatkozásként szerepel a további feldolgozás során, és az adott tárgy további tulajdonságai hozzárendelhetők. A „prekonceptuális” kifejezés ebben a modellben úgy értelmezhető, hogy időben a tárgy részletes jellemzőinek megállapítása előtt képződhet ez a hivatkozási alap. PYLYSHYN ezt a vizuális indexet FINST-nek (a FINGers of INSTantiation) nevezi el. Számítástechnikai értelemben nem új mechanizmus ez: egy tulajdonságokat mellőző puszta hivatkozásról van szó. A változásészlelés kapcsán már régóta felmerült egy ilyen rendszer szükségessége, hiszen sok esetben hamarabb történik meg a változás észlelése, mint a változó objektum azonosítása (RENSINK, 2002). Ha az éppen indexen lévő tárgy elmozdul, a mutató követni fogja azt. PYLYSHYN feltételezése szerint a látórendszer nem csak egy, hanem négy vagy öt ilyen mutatót tartalmaz, ennyi tárgyat tudunk követni egyszerre.

2.2.1 Többszörös tárgykövetés

PYLYSHYN és munkatársai kidolgoztak egy eljárást, amely a vizuális index létjogosultságát bizonyítja, és alkalmas arra is, hogy a vizuális index egyéni kapacitását vizsgáljuk. Az úgynevezett többszörös tárgykövetés feladat (Multiple Object Tracking, MOT) során a személyek a képernyőn fehér pontokat (vagy egyéb, egyszerű és egyforma alakzatokat, mint pl. plusz jeleket, köröket stb.) látnak random elrendezésben (lásd 3 ábra). A tárgyak némelyike villogni kezd, ezek lesznek a céltárgyak. A villogás befejeztével a tárgyak véletlenszerűen el kezdenek mozogni a képernyőn, miközben a személynek követnie kell a céltárgyakat. Miután a tárgyak megállnak, a személynek meg kell jelölnie, hogy mely tárgyak voltak a céltárgyak. Az eredmények azt mutatják, hogy nagyjából 5 tárgyat tudunk egyszerre követni (PYLYSHYN és STORM 1988). PYLYSHYN és STORM azt mutatta ki, hogy ez a tárgykövetés nem magyarázható soros figyelmi folyamatokkal.

Ez az egyik eljárás, melyet az itt bemutatott munkánk során alkalmaztunk. (3.2.2)

2.2.2 Szubitizáció és a vizuális figyelmi rendszer

TRICK és PYLYSHYN (1994) ír a vizuális index szubitizációban betöltött szerepéről. Elképzelésük szerint a számolás során 4-ig csupán a foglalt indexeket feleltetjük meg a számneveknek, utána pedig már át kell helyezni a mutatókat, ami további időt igényel, és ez okozná a törést a reakcióidő függvényében.

Mindezen vitatott kérdések ismeretében igyekeztünk egy olyan kísérleti elrendezést megtervezni, mely a két rivális elmélet mérési módszereit együtt alkalmazza, ugyanazon személyeken. GREEN és BAVELIER (2003) kimutatták, hogy gyakorlott videójátékosok esetében a szelektív figyelem módosulhat, méréseik szerint a szubitizációs görbe töréspontja is áttevődik magasabb értékekre, valamint más vizsgálatok szerint a tárgykövetési feladatok és a mentális számegyenes érzékenysége is mutat egyéni különbségeket. Az egyéni különbségekre építve azt vizsgáljuk meg, hogy a szubitizációs görbe töréspontját a mentális számegyenes avagy a vizuális figyelmi rendszer egyéni különbségei jósolják-e be jobban. Tudomásunk szerint ez az első olyan vizsgálat, mely közvetlenül veti össze a mentális számegyenes és a vizuális index mennyiségdetekcióra gyakorolt hatásait.

3 Módszerek

A *mentális számegyenes* egyéni különbségeinek vizsgálatára továbbfejlesztettünk egy már létező becslési mérőeljárást (3.3.1). A *vizuális index* mérőszámának meghatározásához a Pylyshyn-féle tárgykövetés feladatot építettük fel (3.3.2), a *szubitizációs terjedelem* mérésére pedig egy hagyományos pontszámolási feladatot használtunk (3.3.3). Célunk az volt, hogy különböző feladatok során ugyanazon személyek teljesítményét mérve az egyéni különbségek összefüggéseiből meg tudjuk mutatni, melyik feltételezett rendszer korrelál erősebben a *szubitizációs terjedelem* mutatóival. Mindhárom mérőeljárást a *Presentation* kísérletező szoftver segítségével építettük fel és futtattuk le a résztvevőkkel.

3.1 Résztvevők

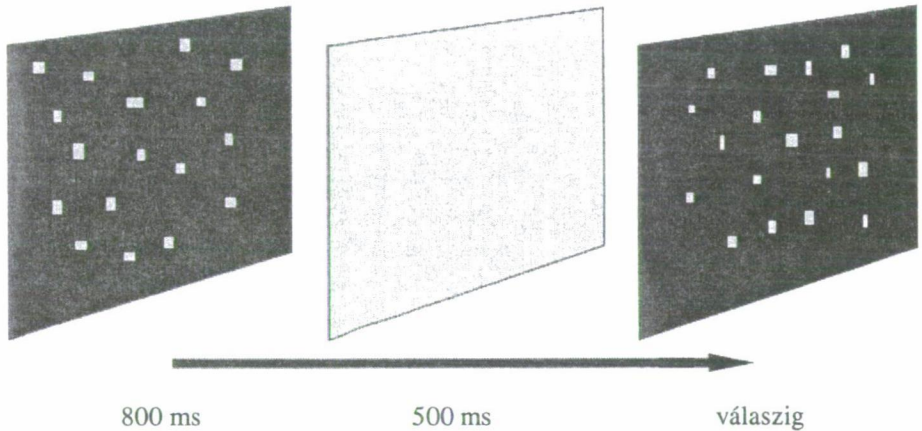
A méréseket 17, kurzuskövetelményének eleget tevő egyetemi hallgató közreműködésével vettük fel. A résztvevők előzőleg egyik eljárást sem ismerték. Előzetesen ellenőriztük, hogy a viszonylag hosszú (kb. 50 perc) kísérlet ne lépje túl a figyelmi megterhelés olyan szintjét, amely befolyásolná a résztvevők teljesítményét. A kísérletben résztvevők utólagos kikérdezése is megerősített minket abban, hogy nem találták túlzottan megterhelőnek a feladatokat.

3.2 Feladatok és a műveletek

A következőkben egyenként bemutatjuk a kísérletek során alkalmazott három mérőeljárást, ugyanabban a sorrendben, ahogy a résztvevők elvégezték őket.

3.2.1 A mentális számegegyenes egyéni különbségeinek mérése

Az első feladatban a képernyőn kis téglalapok jelentek meg rövid időre, melyeket utána egy ernyő takart el, majd a téglalapok újra megjelentek, ekkor kellett eldönteni, hogy ugyanannyi vagy eltérő számú téglalap van-e az újbóli megjelenéskor, mint előtte. Az instrukcióban minél gyorsabb és pontosabb döntést kértünk a résztvevőktől.



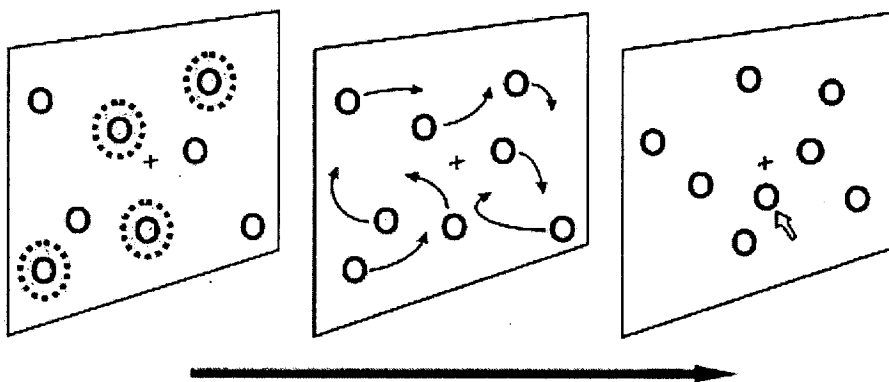
2. ábra: A mentális számegegyenes egyéni különbségeit mérő eljárás sémája

A feladat során egy fekete háttéren a résztvevők számára láthatatlan mátrixra illetve jelentek meg téglalapok (RGB színek: 200, 200, 150) véletlen elmozdulással és véletlen mérettorzulással. Az első inger 800 ms ideig tartott, majd egy ernyő következett (RGB színek: 180, 180, 130) 500 ms ideig, második ingerként pedig azonos vagy eltérő mennyiségű téglalap jelent meg szintén véletlen elmozdulással és véletlen mérettorzulással (2. ábra). A legkisebb bemutatásra kerülő mennyiség 20 téglalap volt, a legnagyobb 98. Ilyen sok elemből álló csoportot rövid idő alatt nem lehet pontosan megszámlálni, a feladat tehát becslés – ehhez a mentális számegegyenest használjuk. A feladatsorozatban a második téglalapcsoport mennyisége az elsőhöz képest 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40 százalékos különbséget mutathatott. Így a teljes kísérlet elvégzésekor összesen 198 számpárnak megfelelő inger került bemutatásra.

A kísérlet során rögzítettük a második téglalapcsoport megjelenésétől a válasz beérkezéséig eltelt időt, a bemutatott ingerpárok százalékos mennyiségi különbségét és a hibázást.

3.2.2 A vizuális index egyéni mérőszámai

Ebben a feladatban a 2.2.1 pontban már vázolt tárgykövetés feladatot alkalmaztuk. 4, 8, 10, vagy 12 tárgy jelent meg a képernyőn (fehér korongok), közülük 1, 2, 3, 4, 5, 6 vagy 7 céltárgy emelkedett ki (sárga színnel villogott). Ezt követően az összes bemutatott tárgy véletlenszerű mozgásba kezdett. Egy próba alatt a mozgás sebessége konstans volt, de a próbák során kétféle mozgási sebességet alkalmaztunk. Amikor a tárgyak megálltak, a résztvevők feladata az volt, hogy a kurzor segítségével válasszák ki a céltárgyakat (3. ábra).

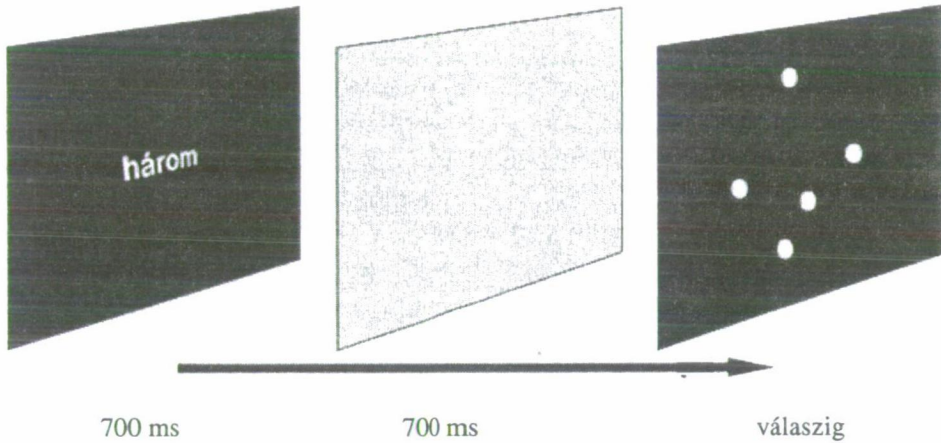


3. ábra: A tárgykövetés (multiple object tracking) feladat sémája
(Forrás: PYLYSHYN 2003)

A kísérlet során rögzítésre került az összes tárgy és a céltárgyak száma, a mozgás sebessége, valamint a válaszok helyessége.

3.2.3 Szubitizációs terjedelem

Ez a feladat méri azt a mutatót, amelynek jellemzőiben az előbbi két feladat egyéni különbségeinek hatását kívántuk tetten érni. A teszt számozosítás, 1-től 8-ig terjedő tartományban, két modalitásban. Ebben az esetben is egyszerű döntést kellett hozni arról, hogy a másodszor megjelenő mennyiség megegyezik-e az először látott mennyiséggel. A feladat során megjelenik először egy mennyiség (betűvel írva), majd egy maszkoló ernyőt követően a másik is, véletlenszerűen elszórt pontok formájában (4. ábra).



4. ábra: A szubitizáció terjedelmét mérő eljárás sémája

Az első inger (RGB színkód: 200, 200, 150) fekete háttér előtt jelent meg 700 ms ideig, majd 700 ms ideig egy ernyő következett (RGB színkód: 255, 255, 255), ezt követte a második inger a válasz beérkezéséig.

A feladat során a számítógép rögzítette a második inger megjelenése és a válasz beérkezése között eltelt időt, a bemutatott számpárok különbségét és a válaszok helyességét.

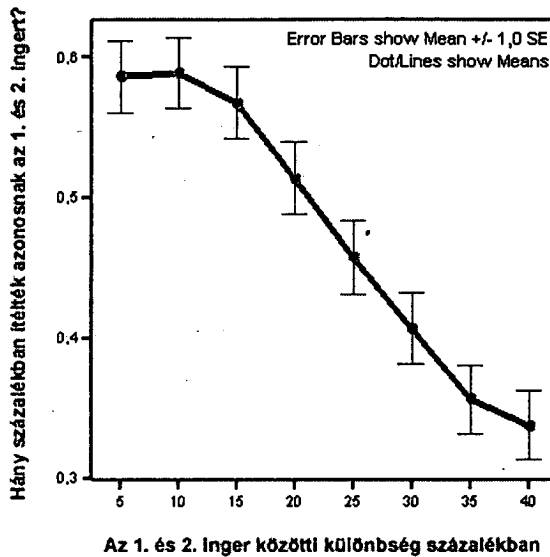
3.3 Adatok feldolgozása

Az itt következő részben eredményeink közül a korrelációs vizsgálathoz használt mutatók meghatározásához szükséges eljárásokat ismertetjük.

3.3.1 Mentális számegyenes

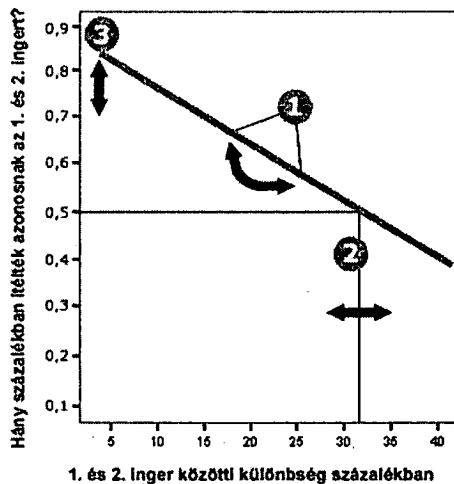
Az 5. ábrán látható, hogy a bemutatott mennyiségek közti különbség növekedésével nő a „különböző” válaszok aránya.

Az 5. ábrán látható pontokra minden személy esetében egy egyenest illesztünk, és a mentális számegyenes érzékenységének méréséhez az egyenes meredekségét használtuk (6. ábra 1). Ezt az érzékenységet azért nem egy hagyományosabbnak tűnő küszöb mérőszámmal mértük (6. ábra 2), mert annak az értéke attól is függ, hogy mennyire hajlamos a személy általában igenlő, vagy tagadó döntést hozni (6. ábra 3). Ezzel szemben az egyenes meredeksége (6. ábra 1) azt mutatja meg, hogy milyen gyorsan vált át a személy az 'azonos' ítéletről az 'eltérő' döntésre, amely inkább jelzi a mentális számegyenes érzékenységét.



5. ábra: Azonos mennyiségűnek ítélt ingerpárok távolságaik függvényében

A 6. ábráról leolvasható az egyéni teljesítményekre illesztett egyenes paramétereit érintő változások fentebb említett hatása. A nyilak a változások lehetséges irányait jelzik.



6. ábra: A mentális számegyenes érzékenységet jelző mutatók

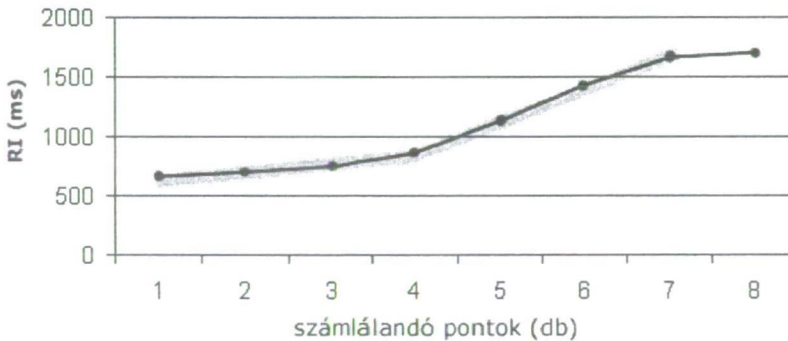
3.3.2 Tárgykövetés (MOT)

Minden személy esetében egy összesített mutatót alakítottunk ki, amely az összes próba során helyesen követett tárgyak arányát jelezte. Két további almutató ugyanezt jelezte, a gyors és a lassú mozgásos próbák eredményeit különböztetve.

3.3.3 Szubitizáció

A pontszámolás eredményeiből a 8. pont számolását kihagytuk, ugyanis ott a szokásos végpont-hatást (end effect) tapasztaltunk, ami a reakcióidő visszaesését jelenti a sorozat végén. Ezek után a maradék 7 pontot 2–5, 3–4, 4–3, 5–2 pontos sorozatokra osztottuk fel, majd minden felosztás esetében a két ponthalmazra egyenest illesztettünk. Minden felosztás esetében kiszámítottuk a két görbe együttes illeszkedésének jóságát, majd a legjobban illeszkedő felosztást választottuk a szubitizációs görbe törésének (7. ábra).

Ebben a feladatban a résztvevők reakcióidejét az azonosítandó szám nagyságának függvényében grafikusán ábrázolva, az 1. ábrán szereplő görbéhez hasonló függvényt kaptunk.



7. ábra: A pontszámolási feladat eredményei és az illesztett egyenes

4 Eredmények

A mentális számegetes érzékenysége erősebben korrelált a szubitizációs törésponttal ($r=0,52$, $p<0,05$), mint a tárgykövetés feladat ($r=0,15$, n.s.).

A tárgykövetés feladatban nyújtott teljesítmény erősen korrelál a pontok számolási idejével ($r=0,6$, $p<0,02$) sőt, a detektálandó mennyiség növekedésével egyre erősebb korrelációt mutat (1. táblázat). Ez az összefüggés akkor is megmarad, ha a tárgykövetés feladatból származó eredményeket különválasztjuk a lassú és

gyors mozgás szerint, noha gyors mozgás esetében az összefüggés mérsékeltebb. Ez annyit jelent, hogy vizsgálatunk szerint a négynél nagyobb számok azonosság megállapításának gyorsaságában egyre növekvő bejósoló erővel bír, hogy az adott személy milyen eredményesen képes a tárgykövetési feladatot végrehajtani.

Számolandó pontok	Tárgykövetés helyessége		
	Összes feladatban	Lassú mozgásnál	Gyors mozgásnál
4	-0,51	-0,47	-0,45
5	-0,59	-0,47	-0,55
6	-0,53	-0,49	-0,46
7	-0,62	-0,61	-0,52
8	-0,62	-0,61	-0,51

p<0.05
p<0.01

1. táblázat: Tárgykövetés feladat teljesítményének és pontszámolás idejének korrelációi

5 Megvitatás

Kísérletsorozatunk célja a 2. pontban bemutatott rivális elméletekben feltételezett két különböző rendszer szubitizációra gyakorolt hatásának feltérképezése volt. Az eredmények azt mutatják, hogy a szubitizációs görbe törését a mentális számegyenes érzékenysége jósolja be jól, vagyis a gyors számolásért a mentális számegyenes lehet felelős, szemben a vizuális figyelmi rendszerrel.

Meglepő eredményként mindemellett azt találtuk, hogy a pontszámolás lassú szakaszának idejét a vizuális figyelmi rendszer jósolja be pontosabban. A mentális számegyenes a számolás pontosságát határozza meg, a vizuális figyelmi terjedelem viszont a reakcióidőre van erős hatással.

A tárgykövetés és a négy feletti értékek azonosításában megmutatkozó összefüggések magyarázata a vizuális indexelmélet keretén belül feltehetően abban keresendő, hogy a számolás során a foglalt vizuális mutatók áthelyezésekor egyre nagyobb jelentősége lesz annak az egyéni különbségnek, melyet egyfelől a fel-tölthető indexek számával, másfelől gyors hivatkozáscseréjükkel jellemezhetünk. A mérések során képződött jel/zaj arány is a hasznos jel irányába tolódik el, ha a foglalt indexek korlátozott száma miatt a számolási folyamatot ciklikusnak képzeljük el, és ez szintén fokozatosan növeli az összefüggés szorosságát.

Az utóbbi eredmény fontos lehet más, korábbi kutatások által használt mérő-eljárások validitása szempontjából is. Több kutató feltételezi, hogy a fejlődési

diszkalkulia (szelektív számolási nehézségek normál intelligencia mellett) mögött a mentális számegeyes zavara állhat (LANDERL et al., megjelenés alatt). BRIAN BUTTERWORTH Diszkalkulia Szűrő tesztjében (BUTTERWORTH, DYSCALCULIA SCREENER, 2002) a pontok számolásának idejét tartja a mentális számegeyes zavarát mutató egyik diagnosztikus eszköznek. Eredményeink azt jelzik, hogy a számolás ideje nem a számegeyes érzékenységgel, hanem a vizuális figyelemmel áll kapcsolatban, ezért a pontszámolás a mentális számegeyes sérülésének nem lehet érvényes mérési eszköze.

BRUANDET et al. (2004) Turner-szindrómásokkal vettek fel átfogó numerikus tesztek. A pontszámolás esetében a pontokra kvadratikus görbét illesztettek, amely szándékaik szerint szintén a mentális számegeyes érzékenységet mérte volna. Saját eredményeink szerint a kvadratikus illesztés esetében a kritikus paraméter a lassú számolás reakcióidejével korrelál, ami a vizuális rendszerrel függ össze. BRUANDET mutatói tehát a számegeyes érzékenysége helyett ismét inkább a vizuális figyelmi rendszer kapacitását mérik.

6 Összegzés

Méréseink szerint tehát a szubitizációs terjedelem függvényének töréséért a mentális számegeyest tehetjük felelőssé, viszont a számolási feladatok reakcióidejének egyéni különbségeit a vizuális rendszer érzékenysége jósolja be. Ez utóbbi eredmény meglepő, és a korábban alkalmazott mutatók használatát is megkérdőjelezi a mentális számegeyes érzékenységre és ennél fogva a szűrni kívánt rendellenességekre vonatkozóan.

A szubitizáció és a mentális számegeyes mérésében tapasztalt viszonylag zajos adatok miatt mérőeszközeink továbbfejlesztésén dolgozunk. Az egyik lehetőség az adatok tisztább vételére, ha valódi számolást és becslést mérünk, nem összehasonlítást, ám ez egy sor technikai átalakítással jár. A nagyobb szórás elérésének érdekében célunk a méréseket hasonló jellegű, gyors döntéseket igénylő feladatokban szakértő (pl. számítógépes játékokban kiemelkedő) résztvevőkkel is felvenni.

6 Hivatkozások

- ATKINSON, J., CAMPBELL, F. AND FRANCIS, M. R. (1976): The magic number 4 ± 0 : A new look at visual numerosity judgements. *Perception*, 5, 327–334.
- BRUANDET, M., MOLKO, N., COHEN, L., DEHAENE, S. (2004): A cognitive characterization of dyscalculia in Turner syndrome. *Neuropsychologia*, 42, 288–298.
- BUTTERWORTH, B (2002): *Dyscalculia Screener*. London: nfer Nelson.

- DEHAENE, S. AND COHEN, L. (1994): Dissociable mechanisms of subitizing and counting: Neuro-psychological evidence from simultagnosic patients. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 29, 958–975.
- DEHAENE, S. DEHAENE-LAMBERTZ, G. & COHEN, L. (1998): Abstract representations of numbers in the animal and human brain. *Trends in Neurosciences*, 21, 355–361.
- GALLISTEL, C. R. & GELMAN, R. (2000): Nonverbal numerical cognition: from reals to integers. *Trends in Cognitive Sciences*, 4, 59–65.
- GREEN, C. S. & BAVELIER, D. (2003): Action video game modifies visual selective attention. *Nature*, 423, 534–537.
- KAUFMAN, E. L. LORD, M. W. REESE, T. W. & VOLKMANN, J. (1949): The discrimination of visual number. *American Journal of Psychology*, 62.
- LANDERL, K., BEVANA, A. & BUTTERWORTH, B. (megjelenés alatt): Developmental dyscalculia and basic numerical capacities: a study of 8–9-year-old students. *Cognition*.
- LOGIE, R. H. AND BADDELEY, A. D. (1987): Cognitive processes in counting. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 13, 310–326.
- MANDLER, G. & SHEBO, B. J. (1982): Subitizing: An analysis of its component processes. *Journal of Experimental Psychology: General*, 111, 1–21.
- PYLYSHYN, Z. W. & STORM, R. W. (1988): Tracking multiple independent targets: evidence for a parallel tracking mechanism. *Spatial Vision*, 3, 1–19.
- PYLYSHYN, Z. W. (2001): Visual indexes, preconceptual objects, and situated vision. *Cognition*, 80, 127–158.
- RENSINK RONALD A. (2002): Change detection. *Annual Reviews Psychology*, 52, 245–77.
- SIMON, T. AND VAISHNAVI, S. (1996): Subitizing and counting depend on different attentional mechanisms: Evidence from visual enumeration in afterimages. *Percept. Psychophys*, 58, 915–926.
- TRICK, L. M. & PYLYSHYN, Z. W. (1994): Why are small and large numbers enumerated differently? A limited-capacity preattentive stage in vision. *Psychological Review*, 101, 80–102.

Summary

There are two explanations accounting for the phenomena of subitizing (counting objects up to 4 is relatively fast, but above 4 it gets slower). Exponents of the *analog magnitude system* theory advocate that in case of numbers smaller than 4, discrimination is easy (according to Weber's Law) because there are relatively great differences in quantity between these numbers. Rising above 4, decreasing differences eventuate expanding quantity detection times. From another viewpoint different reaction times are caused by the preconceptual features of an *object based visual attention system*: below 4 it is enough to count the occupied object files, while above 4, transferring object files onto other elements requires more time.

In our experiment individual differences of subitizing are correlated with indexes of mental magnitude sensitivity and object file capacity. The index of subitization should show stronger correlation with the background system of the phenomenon itself. Our results point to a high correlation between the accuracy of subitizing and mental magnitude sensitivity. On the other hand we also found high correlation between subitizing response times and sensitivity of the visual attention system. These results let us have a more accurate picture of the background processes of subitizing.