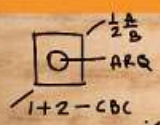


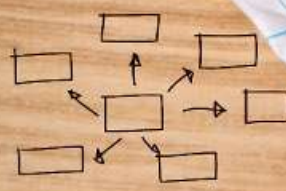
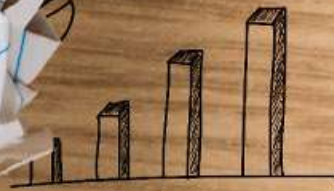
KONDÉ ZOLTÁN

# MATEMATIKAI INTELLIGENCIA ÉS KOGNITÍV KONTROLL

$$A+B = \frac{c^2 + cx^2}{3x \times 6}$$



$$\frac{\sqrt{a+b+c+d}}{1+e^2+\frac{d}{2}}$$



KONDÉ ZOLTÁN

**MATEMATIKAI INTELLIGENCIA  
ÉS KOGNITÍV KONTROLL**

DUPress



KONDÉ ZOLTÁN

**MATEMATIKAI INTELLIGENCIA  
ÉS KOGNITÍV KONTROLL**



Debreceni Egyetemi Kiadó  
Debrecen University Press  
2016

Lektorálta:  
***Czigler István***

© Debreceni Egyetemi Kiadó Debrecen University Press,  
beleértve az egyetemi hálózaton belüli elektronikus terjesztés jogát is

ISBN 978-963-318-612-1

Kiadta: a Debreceni Egyetemi Kiadó Debrecen University Press  
Felelős kiadó: Karácsony Gyöngyi  
Nyomdai munkálatokat  
a Debreceni Egyetem sokszorosítóüzeme végezte 2016-ban.  
[www.dupress.hu](http://www.dupress.hu)

.....

*Ezúton szeretnék köszönetet mondani*  
*Czigler Istvánnak, hogy figyelmemet ráirányította a problémára és kitartó türelmével, éles elméjű tanácsaival segítette a dolgozat megszületését,*  
*Balázs Tivadarnak, Kovács Péternek, Gál Istvánnénak, Kovács Gábornak, Kirsch Évának és valamennyi, e helyütt név szerint nem említhető diáknak, hogy rendelkezésemre álltak az adatgyűjtés és a kísérletezés idején,*  
*Balogh Lászlónak, Titkó Istvánnak és Aranyi Imrének, hogy közreműködésükkel lehetővé tették a vizsgálatok zökkenőmentes lebonyolítását,*  
*Balázs Lászlónak és Pató Líviának a kísérletek megtervezésében nyújtott segítségükért,*  
*Kántor Sándornak, hogy rendelkezésemre bocsátotta és kiértékelte számomra a matematika feladatsort,*  
*Király Zoltánnak termékeny eszmecsereinkért,*  
*Ambrusz Aliznak és Fegyver Mártának a tesztek felvétele során nyújtott segítségükért,*  
*Inántszy-Pap Juditnak,*  
*feleségemnek,*  
*és Jucikának.*

.....

# Tartalom

BEVEZETÉS.....	11
I. RÉSZ: SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS .....	14
1. INTELLIGENCIA ÉS EMBERI KÉPESSÉGEK.....	15
1.1. PSZICHOMETRIKUS MEGKÖZELÍTÉS.....	15
1.2. BIOLÓGIAI MEGKÖZELÍTÉS.....	18
1.3. KONTEXTUÁLIS ÉS KOMPLEX MEGKÖZELÍTÉS.....	22
1.4. TEHETSÉGELMÉLETEK.....	26
2. MATEMATIKAI INTELLIGENCIA ÉS MATEMATIKAI KÉPESSÉGEK .....	30
3. KOGNITÍV KONTROLL ÉS A MUNKAMEMÓRIA ELMÉLETE .....	43
3.1. KONTROLL ÉS SZABÁLYOZÁS .....	43
3.2. A MUNKAMEMÓRIA ELMÉLETE.....	48
3.2.1. KÖZPONTI VÉGREHAJTÓ .....	54
3.2.2. A VÉGREHAJTÓI FUNKCIÓK FIGYELMI ASPEKTUSAI .....	60
3.2.2.1. FIGYELMI SZELEKCIÓ.....	61
3.2.2.2. FIGYELMI VÁLTÁS.....	62
4. MUNKAMEMÓRIA ÉS INTELLIGENCIA .....	68
5. MUNKAMEMÓRIA ÉS MATEMATIKAI GONDOLKODÁS .....	73



8.1.2.2.3. VÁLTÁSI VESZTESÉG ÉS MATEMATIKAI INTELLIGENCIA, ÁLTALÁNOS INTELLIGENCIA, NEMI KÜLÖNBSÉGEK .....	127
8.1.3. MEGBESZÉLÉS .....	128
8.2. BEJÓSZOLHATÓ FIGYELMI VÁLTÁSOK VIZSGÁLATA .....	134
8.2.1. MÓDSZEREK .....	134
8.2.1.1. INGEREK ÉS FELADATOK .....	134
8.2.1.2. ELRENDEZÉS .....	136
8.2.2. EREDMÉNYEK .....	139
8.2.2.1. REAKCIÓIDŐ ELEMZÉS .....	139
8.2.2.1.1. ALAPJELENSÉGEK .....	139
8.2.2.1.2. CSOPORTOK KÖZÖTTI KÜLÖNBSÉGEK .....	142
8.2.2.1.3. VÁLTÁSI VESZTESÉG ÉS MATEMATIKAI INTELLIGENCIA, ÁLTALÁNOS INTELLIGENCIA, NEMI KÜLÖNBSÉGEK .....	144
8.2.2.2. HIBAELEMZÉS .....	146
8.2.2.2.1. ALAPJELENSÉGEK .....	147
8.2.2.2.2. 'KIHAGYÁS' .....	147
8.2.2.2.3. 'TÉVES RIASZTÁS' .....	150
8.2.2.2.4. CSOPORTOK KÖZÖTTI KÜLÖNBSÉGEK .....	153
8.2.2.2.5. VÁLTÁSI VESZTESÉG ÉS MATEMATIKAI INTELLIGENCIA, ÁLTALÁNOS INTELLIGENCIA, NEMI KÜLÖNBSÉGEK .....	155
8.2.3. MEGBESZÉLÉS .....	156
8.3. A FIGYELMI SZELEKCIÓ JELENSÉGEINEK VIZSGÁLATA .....	161
8.3.1. MÓDSZEREK .....	162
8.3.1.1. INGEREK ÉS FELADATOK .....	162
8.3.1.2. ELRENDEZÉS .....	163
8.3.2. EREDMÉNYEK .....	163
8.3.2.1. REAKCIÓIDŐ ELEMZÉS .....	163
8.3.2.1.1. ALAPJELENSÉGEK .....	163
8.3.2.1.2. CSOPORTOK KÖZÖTTI KÜLÖNBSÉGEK .....	165

8.3.2.1.3. SZELEKCIÓS VESZTESÉG ÉS MATEMATIKAI INTELLIGENCIA, ÁLTALÁNOS INTELLIGENCIA, NEMI KÜLÖNBSÉGEK.....	167
8.3.2.2. HIBAELÉMLÉS.....	171
8.3.2.2.1. ALAPJELÉNSÉGEK.....	171
8.3.2.2.2. CSOPORTOK KÖZÖTTI KÜLÖNBSÉGEK.....	172
8.3.2.2.3. SZELEKCIÓS VESZTESÉG ÉS MATEMATIKAI INTELLIGENCIA, ÁLTALÁNOS INTELLIGENCIA, NEMI KÜLÖNBSÉGEK.....	174
8.3.3. MEGBESZÉLÉS.....	175
8.4. A MUNKAMEMÓRIA KAPACITÁS VIZSGÁLATA.....	179
8.4.1. EREDMÉNYEK.....	179
8.4.1.1. CSOPORTOK KÖZÖTTI KÜLÖNBSÉGEK.....	179
8.5. MUNKAMEMÓRIA KAPACITÁS ÉS FIGYELMI VÁLTÁS, FIGYELMI SZELEKCIÓ, INTELLIGENCIA.....	182
8.5.1. EREDMÉNYEK.....	182
8.5.1.1. IDŐALAPÚ VESZTESÉG MUTATÓK ELEMZÉSE.....	182
8.5.1.2. HIBAARÁNY-ALAPÚ VESZTESÉG MUTATÓK.....	185
8.5.2. MEGBESZÉLÉS.....	185
8.6. ÖSSZEGZÉS.....	186
9. ÖSSZEFOGLALÁS.....	195
IRODALOMJEGYZÉK.....	198
MELLÉKLETEK.....	216



## BEVEZETÉS

„Hogyan lehetséges, hogy némely ember nem érti a matematikát? Ha a matematika kizárólag logikai, s ekként minden normális elme számára érvényes szabályokra épül; ha bizonyossága a józan ész, senki épeszű ember által el nem utasítható elvein nyugszik hogyan lehetséges, hogy mégis megannyi ember számára felfoghatatlan” (Poincaré, 1924/1973, 77. o.). E gondolat továbbvitelekképpen kérdezhetjük, hogyan lehetséges, hogy némely ember jobban érti és műveli a matematikát, mint mások és hogy vannak kiváló matematikusok, azaz hogyan lehetséges matematikai zsenialitás? Jóllehet, jelentős egyéni különbségek mutatkoznak a matematikai képességek területén a diszkalkulia különféle formáitól a matematikai géniuszig, az embernek minden bizonnyal veleszületett érzéke van a számok használatára, a külvilág számszerűsíthető, mennyiségi, számosságokon alapuló vonatkozásaival kapcsolatban. Valamennyi kultúra, kisebb vagy nagyobb mértékben, értékeli az emberi intelligencia e speciális megnyilvánulási formáját, nagymértékben felhasználja a világ matematikailag szervezett mentális (úgynevezett mentális matematika) és 'objektívált' reprezentációján (matematika, mint tudomány) alapuló készségeket és produktumokat. A matematikának, a matematikai képességeknek számos érdekes vonatkozása van a pszichológia nézőpontjából a csecsemő matematikai érzékétől, a naiv matematikától, a matematikai képességek fejlődésének és fejleszthetőségének kérdésein át a kultúra matematikai képességeket befolyásoló hatásáig. A fentebbi idézet, némi módosítással (a logikai szabályok és elvek pszichológiai szabályokra és elvekre történő felcserélése után) jól illusztrálhatja a pszichológia alapvető hozzáállását mindezekhez a problémákhoz. Nevezetesen azon törekvését, mely az átlagostól - mindkét véglet irányába - való eltérést az átlagos, a normális, a hétköznapi felől - egyúttal az átlagos értelmét kiterjesztve - próbálja értelmezni, még ha sok esetben, praktikus okokból a kiindulópont, a vizsgálatok tárgya éppen a rendellenes (patológiás vagy kiváló). Vizsgálatunk ebben a szellemben a matematikai gondolkodás jobb megértését célozza azáltal, hogy a matematikai képességek 'normális' (statisztikai értelemben) eloszlásának felső tartományát, azaz a matematikai kiválóságot teszi a vizsgálódás tárgyává és megpróbálja az emberi elme működésének 'normális' (általános pszichológiai értelemben) szabályszerűségei szerint értelmezni.

A dolgozat első része két alapvetőnek mondható problémára koncentrálna a pszichológia tudományának egyik, mondhatni örökös distinkciója mentén szerveződik, egyfelől a *mi* kérdését

érintve a felépítésre, a képességek szerveződésére vonatkozó, 'strukturális', másfelől a *hogyan* kérdését érintve a működés mi-kéntjére vonatkozó, funkcionális problémák áttekintésével. Az első, a szerveződés, a struktúra kérdésének megválaszolása, mintegy definíciós szándékkal a matematikai gondolkodás, a ma-tematikai kiválóság körülírását célozza a tudományban kialakult, a pszichés jelenségek értelmezési keretként szolgáló fogalmi, történeti 'gestaltokra', mindenekelőtt az intelligencia és részben a tehetség elméleteire történő hivatkozással. Más szóval, az intel-lektuális kiválóságról szóló tudományos nézetek áttekintését kö-vetően megkíséreljük elhelyezni a matematikai képességeket az emberi képességek rendszerében, és értelmezni e rendszer leírá-sára törekvő intelligencia és tehetség modellek fogalmi hálójá-ban. A matematikai gondolkodás intelligenciaként történő megha-tározása az intelligencia kifejezésben benne rejlő kettős értelem-ből (1. intelligencia, intellektus, mint az értelmi képességek ösz-szessége, gyűjtő fogalma; 2. intelligencia, mint kiválóság az egyes területeken, képességekben) következően lehetővé teszi szá-munkra, hogy matematikai gondolkodás megértésére vonatkozó pszichológiai vizsgálódás két alapvető aspektusát, a matematikai készség alapjaira és a matematika területén megfigyelhető egyéni különbségek okaira irányuló kérdést összekapcsoljuk és egyetlen probléma két oldalaként tudjuk bemutatni.

A működésmód, a funkció problémájának boncolgatása a másik oldalról azoknak az elgondolásoknak, elméleteknek az át-tekintését jelenti, melyek annak megértését teszik lehetővé, hogy - szándékolt hozzávetőlegességgel fogalmazva - hogyan működ-het az elme, miközben matematikát művel és produkál, hogyan kapcsolható egyebek mellett a matematikai gondolkodás is az elme általános működési folyamataihoz. Más szóval, az intelli-gencia, a tehetség átfogó, jelenségszintű, leíró kategóriáit elemi - alkalmasint az idegrendszeri folyamatokhoz való kapcsolást, le-horgonyozást is biztosító, és ilyen értelemben köztes - szinten magyarázó, funkcionális modellek alkalmazhatóságának a kérdé-sét jelenti a matematikai gondolkodás és a matematikai kiválóság megértésének szempontjából. Ennek megfelelően áttekintjük a kognitív pszichológia - elsősorban a kontroll, a szabályozás, a figyelem és a munka emlékezet folyamatait magyarázó - elmé-leiteit, melyek jelen állás szerint a legígéretesebb lehetőséget jelen-tik az emberi intelligencia funkcionális magyarázata számára, és amelyek segítségével kísérletet teszünk a matematikai intelligen-cia magyarázatára.

A dolgozat második részében bemutatandó vizsgálatsoro-zat keretében empirikus érveket próbáltunk gyűjteni a matemati-

kai intelligencia (mindkét említett értelemben) információfeldolgozási folyamatok sajátosságai felőli értelmezhetősége mellett. Közelebbről ez azt jelenti elsősorban, hogy kísérletet teszünk a feldolgozás fölött gyakorolt, sokoldalú kontroll hatékonyságára visszavezetni a matematikai intelligencia területén megfigyelhető egyéni különbségeket. Ugyanakkor lehetőséget ad arra is, hogy a matematikai intelligenciát, mint az intellektuális képességek sajátos szerveződését egyúttal elemi folyamatok, főképp a kontrollban, ellenőrzésben, szabályozásban szerepet játszó folyamatok sajátos szerveződéseként értelmezzük.

Vizsgálatunkban három laboratóriumi kísérletben vizsgáljuk a figyelmi kontrollfolyamatok, azaz a figyelmi váltás, a figyelmi szelekció jelenségeit, és pszichometrikus eszközökkel teszteljük az általános intelligencia és munkamemória kapacitás nagyságát, valamint a figyelmi kontrollra gyakorolt hatásukat. Következtetéseink a munkamemória elméletében értelmezett, ugyanakkor a figyelemkutatás módszertana szerint tanulmányozott végrehajtoi kontroll folyamatok hatékonyságának a matematikai intelligencia 'nagysága' szerinti eltérésein alapulnak.

I. RÉSZ  
SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS

DUPress

## 1. INTELLIGENCIA ÉS EMBERI KÉPESSÉGEK

Az intellektuális kiválóság problémája a pszichológia alapkérdéseire tartozik a tudományos pszichológia megszületése óta. Az intelligencia kérdése az egyik olyan pont, ahol a pszichológia Wundttól induló kísérleti hagyománya és a Galtontól eredeztethető, az egyéni különbségeket a középpontba állító, leíró hangsúlyú, statisztikus hagyomány összefonódik (Cronbach, 1957). Az értelmesség, mint pszichológiai probléma tudományos tanulmányozásának módszertani alapjai (a kísérlet, mint paradigma) és az empiricista attitűd (kísérletezésre alapuló elméletépítés) az experimentális hagyományban, míg az adatelemzés statisztikai módszertana és a statisztikai 'értelmezési keret', afféle kvázi elméletként a differenciális hagyományban gyökerezik (pl. Pléh, 2000).

Maradandó, és nem csupán történeti jelentőségű azonban az intelligencia kutatás máig alapvető kérdéseinek megfogalmazása, nevezetesen egyfelől az intellektuális képességek 'természetére', másfelől az e képességek esetén megfigyelhető egyéni különbségek sajátosságaira irányuló kérdések felvetése. A kétféle nézőpont együttes figyelembe vétele a két kérdés szoros összetartozásának felismerését jelenti, tudniillik hogy a 'lelki élet' általános érvényű törvényei éppen az egyediségekben megfigyelhető eltérések és azonosságok vizsgálata alapján határozható meg, illetve, hogy az egyéni különbségek sajátosan pszichológiai törvényszerűségek (és nem feltétlenül statisztikai (pl. normál eloszlás) törvények) szerint értelmezendők.

Áttekintésem a továbbiakban az intelligencia elméletének e két különböző, mégis szorosan összetartozó aspektusára is tekintettel az egyes irányzatok (pszichometrikus, biológiai, kontextuális intelligencia megközelítés, tehetségelmélet) főbb téziseire és a matematikai kiválóság megértésére nézve legfontosabb következményeire korlátozódik az intelligenciamodellek részletes elemzése nélkül.

### 1.1. PSZICHOMETRIKUS MEGKÖZELÍTÉS

Az emberi képességek vizsgálatára az elemi érzékelési, észlelési folyamatoktól az összetett gondolkodási, következtetési folyamatokig a tudományos pszichológia kezdetei óta számtalan eszközt, eljárást dolgoztak ki. Ezen eszközök alkalmazásával végzett vizsgálatok alapján az emberi intellektuális képességek rendszere 'a tudomány mai állása szerint' legpontosabban egy összetett, hierarchikus struktúrában jeleníthető meg. Ez a kon-

szenzusszerűen osztott elképzelés az egyik legrégebb, legbefolyásosabb, Spearman és Thurstone munkásságában gyökerező megközelítés, az úgynevezett *pszichometrikus* irányzat (lásd, fentebb differenciális hagyomány) eredményein nyugszik (áttekintésként Embretson és Schmidt McCollam, 2000; Gustafsson, 1994)). Két, (csupán árnyalataiban különböző) mai reprezentánsa e nézetnek, iskolának az úgynevezett *két réteg elmélet* (Horn, 1994), vagy korai, R. Cattell (1963) nevéhez köthető verziójának neve alapján *gf-gc elmélet* [*general fluid - general crystallized*], illetve a *három réteg elmélet* (Carroll, 1993 idézi, pl. Carroll, 1996).

Horn elgondolása szerint az első, alap szinten lévő több mint negyven, Thurstone elsődleges mentális képességeit [Primary Mental Abilities] is tartalmazó első rendű faktor több széles, másodrendű faktorhoz rendelhető (köztük a fluid és kristályosodott képességfaktorokhoz). A képességek struktúrája az információ feldolgozás mélysége, szintje szerint funkcionálisan (a szenzoros folyamatoktól a műveltséggel összefüggő képességekig) és fejlődéstanilag (az újszülött képességeitől a felnőtt korban kiteljesedő képességekig) is rendezettek. Az eredmények alapvetően a faktoranalízis módszere által nyertek igazolást (strukturális bizonyíték), de számos indirekt bizonyíték áll rendelkezésre a fejlődéslélektan, a neuropszichológia, a viselkedés genetika területéről vagy az iskolai teljesítmény bejósolhatóságának elemzése alapján (Horn, 1994; Davidson és Downing, 2000).

Carroll több mint 130000 ember tesztadatain végzett metaanalízisének (felfedező [exploratory] faktoranalízis) eredményei szerint a piramisszerű, hierarchikus elrendeződés alapján számos szűk, specifikus képesség (pl. indukció, nyelvi fejlődés, memória terjedelem, vizualizáció, kreativitás, hallási küszöb, érzékelési sebesség, egyszerű reakcióidő stb.) található, melyek a második szinten, vagy rétegben 8, esetleg 7 átfogó csoportfaktorba rendeződnek:

- fluid intelligencia
- kristályosodott intelligencia
- általános memória és tanulás
- átfogó vizuális érzékelés
- átfogó auditív érzékelés
- átfogó felidézési képesség
- átfogó kognitív gyorsaság [speediness]
- feldolgozási sebesség.

A hierarchia csúcsán (harmadik réteg) a csoportfaktorok közötti erős, pozitív korrelációk, avagy a korrelációk „pozitív

sokszorozódása” következtében az *általános intelligencia*, azaz a spearman-i *g faktor* található. Újabb elemzések szerint a három réteg elméletnek egy olyan módosítása valószínűsíthető, hasonlóan tekintélyes adathalmazon (több, mint 6300 személy) a faktoranalízis egy újabb változatának, az úgynevezett ellenőrző [confirmatory] faktoranalízis használata révén, mely szerint a harmadik és a második réteg közé néhány köztes faktor kerülne. Azaz, a második réteg faktorai közötti korreláció nem közvetlenül a *g* által magyarázható, hanem az általános fluid és az általános kristályosodott faktorok, illetve a perceptuális faktorok közös faktorain keresztül, míg az általános tanulás és az általános memória faktorok mellett egy úgynevezett általános mennyiségi [*general quantitative - gq*] faktor közvetlenül kapcsolódik a *g*-hez<sup>1</sup>(Bickley és mtsai, 1995).

Az emberi képességek sokfélesége tehát, minden valószínűség szerint nagyon sok specifikus, ha úgy tetszik 'elemi szintű' mozzanatban, műveletben gyökerezik, melyek bizonyos vonásaikban mégis közösek. Ezen közös tulajdonságok egyike a nyelvtől való függetlenség abban az értelemben, hogy absztrakt gondolkodási (induktív, deduktív, mennyiségi jellegű) - akár 'nyelvi anyagon' is alkalmazható - folyamatokat, műveleteket takar. Ezek a fluidnak nevezett képességek a kikristályosodott, nyelvhez kötődő képességekkel szemben nem vagy csak kisebb mértékben befolyásolhatóak a tapasztalat, a tanulás, az iskolázás által. Továbbá a kognitív, feldolgozó rendszer egyes tulajdonságai, mint a modalitás érzékeny feldolgozás (észlelési képességek), az információ-felvétel és -feldolgozás sebessége (sebesség faktorok), illetve a reprezentációk létrehozása (tanulás) és felhasználása (emlékezés, manipulálás) az intelligencia szerkezetének összetevőiként mutatkoznak meg. Az egyes képességekben mutatkozó egyéni különbségek széles skálája részint ez utóbb említett képességekre kifejtett környezeti hatások különbségeire vezethető vissza. Ugyanakkor az átfogó képességekben megfigyelhető egyéni különbségek veleszületett sajtságokat is tükrözhetnek. A pszichometrikus megközelítés, tehát meglehetősen termékenynek bizonyul általában az elme, ez esetben pedig az intellektus szerkezetével, a képességek rendszerével kapcsolatos kérdések

---

<sup>1</sup> Megjegyzendő, hogy a faktorok elnevezése eltérő lehet a használt mérőeszközök és a kutatói fantázia (tesztek) függvényében. Az általános mennyiségi faktor Carrol értelmezésében része a fluid képességeknek, nem tekinthető önálló átfogó képességfaktornak. Érdekes módon a mennyiségi tudás Horn véleménye szerint a kristályosodott intelligencia egy formája, de szerinte sem önálló faktor.

megválaszolásakor. Az alapkérdést, hogy vajon igazolható-e statisztikailag a  $g$  faktor, mint a különféle tesztek eredményeiben – az egyének közötti különbségeknek köszönhetően – mutatkozó variabilitásért végső soron felelős látens forrás, azaz a  $g$  faktor létezését, illetve a  $g$  általános fluid faktortól való megkülönböztettségét érintő eltérés a két ismertetett faktoranalitikus elmélet között lényegében módszertani jellegű, ugyanakkor a pszichometrikus irányzat illetve az intelligencia pszichológiájának egyik legjelentősebb problémájára mutat rá. Értelmezhető-e egy absztrakt statisztikai összefüggés az intellektuális képességeket megalapozó általános intelligencia faktor bizonyítékaként vagy csupán statisztikai műtermékről van szó?

## 1.2. BIOLÓGIAI MEGKÖZELÍTÉS

Számos próbálkozás látott napvilágot, mely a pszichometrikus érvektől független empirikus bizonyítékokkal igyekezett a  $g$  faktor létének kérdésében állást foglalni, ezáltal biológiai megalapozását nyújtani az intelligencia elméletének. Ezek az úgynevezett *idegrendszeri hatékonyság* [neural efficiency] *modellek* a redukcionizmus jegyében az idegrendszer, illetve az agy működési sajátosságaira, e sajátosságot kifejező elemi szintű mérőszámokra, mutatókra vezetik vissza az egyébként az intellektus szintjében pszichometrikus eszközökkel kimutatott egyéni eltéréseket.

E megközelítés valójában egy 'ősregi' elgondolás modern kiadásának tekinthető, mely a lélek, a szellem sajátosságait, ez esetben az értelmességet közvetlenül vagy áttételesen – a koponya méretmutatóin keresztül – annak fizikai hordozójára, tehát az agyra jellemző sajátosságokból kísérli meg kiolvasni. E törekvés minden ellentmondásosságával együtt (lásd erről Gould, 1999) manapság is élő kutatási irány. Az eredmények szerint a *koponyaméret* és az intelligencia különféle pszichometrikus mutatói közötti kapcsolat becsült mértéke legalább 0,2-es korrelációt jelent. Az *agytérfogat* és általában az intelligenciaszint korrelációja 0,4, de a kapcsolat erősebb minél inkább a  $g$  faktort, fluid képességeket, emlékezeti képességet és gyengébb amennyiben téri képességeket mér egy teszt (ugyanakkor nem mutatható ki féltekei különbség a méret szempontjából attól függően, hogy verbális vagy nem verbális feladatokat használtak) (Wickett és mtsai, 1999, a kérdéskör összefoglalásáról Vernon és mtsai, 2000). Jóllehet egyre precízebb mérőeljárások (CT, MRI) állnak rendelkezésre, a 'méret mutatók' és az intelligencia közötti kapcsolat távolabbi és áttételesebb, semhogy az intelligencia termé-

szetére és az alapvető kérdésekre választ várhatnánk ezen az úton.

Hasonlóan hosszú, Galtonig visszanyúló előzményekkel rendelkezik az a törekvés, mely a kognitív szinten mért egyéni különbségeket elemi szintű információfeldolgozási folyamatok sajátosságaira igyekszik visszavezetni. A különféle, a feldolgozást jellemző mennyiségi mutatók – főképpen a reakcióidő, ennek összetevőiként az egyszerű reakcióidő, a döntési-, mozgási-, szelektív-, választásos reakcióidő, illetve az újabb technikák kifejlesztésével mérhetővé vált megfigyelési idő [inspection time] – és az intelligencia mérőszámai közötti korrelációs viszony tanulmányozása (empirikus és logikai) kiindulópontnak tekinthető az intelligencia biológiai elméletei számára (Deary, 2000). A megfigyelhető negatív korrelációkat az intelligencia biológiai elméletei szerint az elemi kognitív folyamatok háttérében álló neurális folyamatok magyarázhatják. Jensen (pl. Jensen és Sinha, 1993,) *mentális sebesség* elmélete szerint a kognitív műveletek gyorsasága az idegrendszer, illetve a feldolgozási folyamatok *gyorsaságára* vezethető vissza, míg Eysenck (pl. Eysenck, 1993; Jensen, 1997) elképzelése szerint a biológiai intelligencia az információ átviteli és kiértékelési folyamatok *hatékonyságán* alapul. Ezen elméletek igazolásában döntő jelentősége van azoknak a kutatásoknak, melyek az *idegi vezetési sebesség* mérése által a feldolgozási folyamatok sebességére és a mentális sebesség intelligenciával való kapcsolatára, noha kétséges, alkalmanként ellentmondásos eredményekkel következtetnek. A vezetési sebesség perifériális mérése (a kéz különböző pontjai között (hónalj, könyök, csukló, ujjak) nervus medianus-on) és az IQ mérőszámai, valamint a reakcióidő közötti korreláció -0,61 és 0,62 között szóródik a különböző tanulmányokban gyakran, nem szignifikáns eredményekkel. Hasonlóképpen, a vezetési sebesség központi mérése, azaz az exogén komponensekre (pl. P100) koncentráló *kiváltott potenciál* vizsgálatok az azonos mérések és eljárások ellenére inkonzisztens eredményeket hoztak (lásd Vernon, 1993; Vernon és mtsai, 2000).

A késői, kognitív (kiértékelési, döntéshozatali) folyamatokhoz kapcsolható, endogén komponensek (P300) vizsgálata, azonban áttételesen, a kognitív folyamatok sebességének mérőszámának vizsgálatán keresztül és közvetlenül, az IQ vizsgálatokban is megerősítése lehet az intelligencia biológiai elméletének. Konzisztensen szignifikáns pozitív korreláció mutatkozik, ugyanis a sebességindexek (reakcióidő, megfigyelési idő) és a P300-as komponens *latenciája* között, ezen kívül a magasabb IQ pontszám szignifikánsan rövidebb latenciával jár együtt. A P300 összetevő

*amplitúdója*, illetve általában az eseményhez kötött válasz nagysága az úgynevezett *zsineg hosszúság* [string length] és az intelligencia mérőszámok együttjárása, mint az információkiértékelési folyamatok nagyobb sebessége és hatékonysága mutatójaként értelmezhető (lásd Deary és Caryl, 1993; Vernon és mtsai, 2000).

A legígéretesebb eredmények azokból a kutatásokból származnak, melyek az intelligenciát az *agyi glükóz metabolizációs* folyamatokkal összefüggésben próbálják értelmezni. Haier (1993) PET vizsgálatai szerint a feladatterhelés növekedésével párhuzamosan az agy energia-utánpótló, azaz cukorlebontási folyamatai fokozódnak, különösképpen a feladatmegoldással kapcsolatba hozható agyi területeken. A magasabb IQ-jú személyek 'energiaigénye' a feladat megoldása közben kisebb volt a kontrollcsoport tagjaiéhoz képest, miközben az alapszintű, tehát nem feladathelyzetben mutatott működés magasabb energiaszinten folyt az intelligensebb személyeknél. Megjegyzendő azonban, hogy az endogén komponensekre irányuló vizsgálatok, és főképpen a globálisabb PET vizsgálatok eredményeinek értelmezése meglehetősen a bizonyításra váró elméletek, illetve ezek bizonyítatlan előfeltevéseinek függvénye. Ha mindezekhez hozzávesszük, hogy a negatív eredményeket többnyire nem publikálják, jól demonstrálható az intelligencia fiziológiai megközelítésének (jelen állás szerinti) fogyatékosága.<sup>2</sup>

Úgy tűnik, tehát - talán nem is meglepő módon - hogy az intelligencia összefüggésbe hozható az agyban zajló elektrokémiai jelenségekkel, azok mennyiségileg megragadható tulajdonságai párhuzamba állíthatóak a kognitív szinten mért 'mennyiségekkel'. Elvileg nem kizárható, hogy - még ha jelen állás szerint nem is - előbb utóbb lehetővé válik az intellektuális 'megnyilvánulásokban' megfigyelhető egyéni különbségek értelmezése az intellektust hordozó 'anyag' sajátosságai alapján. Az intelligencia, elsősorban a *g* faktor, mint mentális sebesség elgondolásnak, azonban strukturális relevanciája lényegesen gyengébb. A sebesség, mint az intellektus struktúráját meghatározó intellektuális képességek egyfajta mennyiségi paramétere - melyből, mintegy valamiféle súlyozott középértékként adódik a *g*, mint mentális sebesség - nehezen értelmezhető közös, általános „képességként”, mely a képességek hierarchiájának csúcsán áll. A faktoranalitikus megközelítés strukturalizmusa és a biológiai megközelítés végletekig egyszerűsített funkcionális magyarázata nehezen hozható összhangba azon túlmenően, hogy ugyanazon tárgyra

<sup>2</sup> Czigler István megjegyzése.

irányuló, de csupán paralell leírásokról van szó. Talán éppen emiatt, az intelligencia mentális sebességre hivatkozó magyarázata számára éppen a strukturálisan és mennyiségileg is értelmezhető munkamemória kapacitás magyarázat jelenti a legnagyobb kihívást, melyről a későbbiekben esik szó.

Ezen túlmenően is alapvető problémának tűnik, hogy a ki-mutatható pszicho-fizikai/fiziológiai együtt-járások milyen mértékben tesznek lehetővé oksági összefüggésekre vonatkozó, még inkább pedig a kauzalitás irányra vonatkozó következtetést. Meg-lehet, az okosabb emberek azért okosabbak és érnek el jobb tel-jesítményt az intelligenciateszteken, mert a feldolgozási folya-matok és a feldolgozó rendszer - esetleg genetikai okoknál fogva - a fentebb ismertetettek szerinti sajátosságokkal rendelkeznek. Ugyanakkor nem zárható ki az ellenkezője sem, nevezetesen, hogy a gyors, hatékony idegrendszeri működés mellékterméke, következménye, csupán az okosságnak. Egyes emberek valami-lyen oknál fogva (vegyük például az intenzív, rendszeres gyakor-lást) okosabbak másoknál, és ez azzal a következménnyel jár, hogy az értelmesség mérés során működésbe hozott 'műveletek', könnyebben, zavartalanabban és gyorsabban mennek végbe azt a látszatot keltve, hogy e műveleteket megvalósító idegrendszeri folyamatok eleve gyorsabbak, hatékonyabbak voltak. Anderson (1998) megfogalmazásában a fiziológiai korrelátumok és az IQ korrelációja tudásfüggő feldolgozási stratégiák közvetítésével magyarázható. Esetleg az idegrendszeri működési sajátosságok és az okosság egyaránt egy harmadik, háttérben álló tényezőnek, közös oknak a következménye (Sternberg és Kaufman, 1998). Például a test megfelelő, kielégítő táplálása fiatal korban (párhu-zamosan a lélek művelésével tanítás révén) egyszerre teszi lehe-tővé a szellemi képességek kifejlődését (okosodás) és a testi 'gya-rapodást' (idegrendszeri fejlődés). Az okosság alternatív, az örök-lött képességek, adottságok melletti - akár 'közös okként' is ért-hető - meghatározója a *környezet*, illetve a környezeti hatások összessége lehet.

További probléma a hatékony idegrendszer magyarázattal, hogy a tudományos tézisek (a  $g$  faktor, mint a teszt-interkorrelációk és az egyéni intellektuális különbségek meghatá-rozója; a mentális sebesség, mint a  $g$  fiziológiai alapja; a  $g$  örök-letessége) hangoztatása mellett az intelligencia biológiai elméle-tének képviselői, főképpen Jensen, Herrnstein és Murray követ-keztetéseikben olyan ideológiai természetű és 'ideológiai reflexe-ket' mozgásba hozó állításokat fogalmaztak meg (pl. a rasszok közötti különbségeket, ezek okait és a nevelés szerepét illetően), melyek jelentős vitát eredményeztek a szakmabeliek és laikusok

körében egyaránt (lásd Kovács, illetve Vajda, 2002). Ebből a perspektívából tekintve, azok az elméletek, melyek az értelmesség meghatározásában és ebből következően az értelmesség mérhetőségében több vagy kevesebb fontosságot tulajdonítanak a tágabb, laboratóriumtól független kontextusnak, magának a kultúrának a biológiai elméletek 'ideológiai' ellenpontjainak is tekinthetők.

### 1.3. KONTEXTUÁLIS ÉS KOMPLEX MEGKÖZELÍTÉS

Az intelligencia *kontextuális megközelítésében* az intelligenciamérés hagyományát domináló tesztalapú kiértékelési gyakorlat, egyúttal az intelligenciáról alkotott modern, a tudományban és a közgondolkodásban egyaránt elterjedt elképzelések érvényessége kérdőjeleződik meg. Bizonyos értelemben ez a megközelítés a nyugati tudományos lélektan alapvető, a lelki jelenségek, jelen esetben az intelligencia univerzalisztikus, az emberi fajra általánosan érvényes vonás jellegére, annak mérhetőségére vonatkozó axiómáit vonja kétségbe. E relativisztikus nézet képviselői szerint, ugyanis az intelligencia meghatározásának, ebből következően pedig az intelligenciamérés elvi és gyakorlati megfontolásainak – az eredmények reprezentativitását és megbízhatóságát biztosítandó – tekintettel kell lennie a személy fejlődésének és életének különféle, egymást átfedő kontextusaira. Példaként említhetjük Berry és Irvine (1986, idézi Davidson és Downing, 2000) elképzelését. Szerintük figyelembe kell venni a személy életének legtágabb értelemben vett kulturális és civilizációs viszonyait (ökológiai kontextus), az ismeretek és képességek elsajátításának körülményeit, mondhatni kondicionálási előtörténetét (tapasztalati kontextus), azokat a közvetlen viszonyokat, körülményeket, melyek között a személy él (szituációs kontextus), valamint a tesztelés, illetve a kiértékelés során a személy környezetében meghatározott és manipulált tényezőket (kiértékelés kontextusa).

A *komplex, vagy rendszerszemléletű modellek* keretében a hierarchikus, a biológiai és a kontextuális modellek megfontolásainak és eredményeinek együttes figyelembevételével próbálnak árnyaltabb képet adni az emberi (intellektuális) képességekről. Az ebben a szemléletben kidolgozott intelligenciaelmélet legkimunkáltabb példajaként említhető az intelligencia Sternberg nevéhez köthető *háromszög elmélete* [triarchic theory] (Sternberg, 1985). Eszerint az emberi intellektus három, az intelligencia egy-egy aspektusára vonatkozó alelmélet, a *komponenciális*, a *kontextuá-*

lis és a *tapasztalati* alelmélet leírásában ragadható meg. A korábbi komponenciális modelljében (pl. Sternberg, 1980) leírt meta- (magas szintű folyamatok), performancia- (alacsonyabbrendű mentális folyamatok, végrehajtási komponensek) és tudáselsajátító-komponensek (a megoldáshoz szükséges tudáshoz, információhoz való hozzáférést biztosító folyamatok), illetve ezek műveletei alkotják az intelligencia *belső* [internal] aspektusát, az intelligens viselkedést vezérlő, kalauzoló információfeldolgozási folyamatokat. Az intelligencia *külső* [external] aspektusát – a kontextuális alelmélet leírásában – azok a nehezen verbalizálható, implicit stratégiák, készségek alkotják, melyek a belső összetevők, képességek valóságos körülmények közötti alkalmazását és a környezeti feltételekkel történő összehangolását, koordinációját biztosítják. A tapasztalati alelmélet szerint az újszerű, ismeretlen információk feldolgozásában, gyakorlati felhasználásában, és a használat automatizálásában mutatkozik meg az intelligencia *tapasztalati* aspektusa. E három összetevő egymáshoz képest eltérő fejlettsége és valamelyik relatív dominanciája sajátos *intelligencia mintázatok* (analitikus, kreatív vagy gyakorlati) eredményez. Sternberg (1999) újabb elképzelése szerint, némi evolúciós felhanggal az intelligenciát, mint a hatékony, sikeres adaptációt biztosító eszközt kell elképzelni, és mint ami éppen az adaptáció szabályszerűségeinek megfelelően, az adottságok és a környezeti kihívások interakciójában ölt sajátos alakot. A *sikeres intelligencia* nem más, mint az egyensúly megtalálása az adaptáció, a siker érdekében a szükségletek és a környezeti lehetőségek között az észlelt és felismert erősségek és gyengeségek alapján. Ebből következően az intelligencia egy bizonyos mintázata az adott feltételek között adott módon megtalált adaptációs forma. Az intelligencia rugalmas, adaptív célokat szolgál felfogása összhangba hozható olyan átfogó, evolúciós intelligencia elgondolásokkal, mint amelyet Sagan (1990) képvisel az intelligencia, mint extragenetikus (információ) kódolás hipotézisével.

Gardner *többszörös intelligenciák* elméletében (Gardner, Kornhaber és Wake, 1996) az intelligencia a képességben, vagy a képességek egy készletében rejlő potencialitás, mely az egyén örökölt biológiai, idegrendszeri/genetikai meghatározottságaiban rejlik, de az egyén kulturális kontextusának, és a gyakorlottságának függvényében realizálódik, vagy nem realizálódik. Hét, független, egyaránt fontos intelligencia típust különít el a genetikai háttér, a gyakorlás, a kulturális értékek bázisán, azaz a biológiai adottságok és a környezeti feltételek interakciójában:

- nyelvi
- logikai-matematikai
- téri
- zenei
- testi-kinesztétikus
- intraperszonális
- interperszonális.

Újabbban ez a lista kiegészült egy nyolcadik, úgynevezett természeti [naturalist] intelligenciával és két potenciális (spirituális és egzisztenciális) intelligenciával is (Gardner, 1998, idézi Sternberg és Kaufman, 1998). Ezen intelligencia típusok – Gyarmathy (2002) európaibb 'fordításában' képességcsoportok – függetlensége olyan indirekt, a faktoranalízis módszerétől független bizonyítékokból olvasható ki, mint a.) független neurális alapok, b.) kiemelkedő képességű specialisták, pl. autisták, bölcs idioták, c.) sajátos fejlődéstörténetek, d.) önálló műveletkészletek, e.) jellegzetes evolúciós előtörténet, f.) kulturálisan meghatározott önálló szimbólumrendszerek, esetleg g.) kísérleti és h.) pszichometrikus adatok.

A komplex rendszerek és a biológiai elméletek különbsége legnyilvánvalóbban, mint *magas szintű* vs. *alacsony szintű magyarázat* jellemezhető (Anderson, i.m.). Sternberg elmélete, noha alacsony szintű performancia komponensekkel is számol, az egyéni különbségek okait a magas szintű metakomponensek működésére, illetve eltéréseire vezeti vissza. Gardner elméletében is az egyes intelligenciák különbsége legkézenfekvőbben a kognitív funkciók eltérésében ragadható meg. S mint magas szintű magyarázatok, valójában „a problémamegoldó feladatok újrafogalmazását” adják csupán, miként Anderson megjegyzi (im. 44. o.), egyfajta szinonim, tautologikus meghatározást, s nem az intelligencia magyarázatát. Módszertani okokból mind az intellektus szerkezetére, mind az egyéni különbségek okaira irányuló kérdésre túlságosan feladat, vizsgálóeljárás specifikus válaszokat adnak.

A szűk és széles spektrumú elméletek, azaz a biológiai és kontextuális, illetve komplex megközelítések szembenállásában a pszichológia régi, alapvető dilemmája, az úgynevezett *örökleteség-környezet* vita (lásd Pléh, 2002; Szokolszky, 2002) elevenedik meg. A dilemma az empirikus bizonyítékok mellett leginkább tudományelméleti 'heurisztikák' szerint dönthető el. A Morgan-kánon, vagy középkori elődje alapján Ockham-borotvája néven ismert *takarékossági elv* szempontjából az egyszerűbb, kevesebb előfeltevést tartalmazó magyarázatot kell előnyben részesíteni.

Ebből a nézőpontból, a rivális intelligenciaelméletek vonatkozásában egy szimpla, redukcionista magyarázó séma – mint amilyen például az intelligencia egyenlő mentális illetve ingerületvezetési sebesség elgondolás – mindig kielégítőbb tudományos magyarázat egy, mondhatni definíció szerint összetett és egyébként is, részben összetettségénél fogva nehezebben igazolható elmélettel szembeállítva. Természetszerűleg egy bonyolultabb magyarázat bonyolultsága ellenére elfogadhatóbb lehet, amennyiben jobban 'illeszkedik' az adatokra, a takarékosági elv, ugyanis két azonos empirikus megalapozottságú elmélet, vagy magyarázat esetén célravezető. Az erőviszonyok, azonban messze nem tekinthetők kiegyenlítettnek a magyarázó és bizonyító erő szempontjából. Az elméletek tesztelhetősége és empirikus igazolhatósága, legalábbis a pszichometrikus és biológiai elméletek 'szigorúságához' mérhetően, azonban kérdéses. A kontextus-hangsúlyú elgondolásokban sem a kontextusok figyelembevételének a mikéntje (mikor és hogyan), sem pedig az egyes kontextusokon belüli változékonyság nincsen meghatározva a jövőbeli empirikus kutatások végrehajtása és a már meglévő eredmények integrációja számára. A látáskutatás területéről vett analógiával élve, minél nagyobb egy elmélet felbontóképessége (vagyis minél nagyobb az elmélet körébe vont hatótényezők száma), annál inkább csökken az érzékenysége (vagyis csökken a képessége a változások kimutatására az egyes összetevőkben).

A tesztelhetőségi gyengeségek ellenére a kontextuális és komplex elméletek az intelligencia hagyományos, pszichometriai elméletének számos gyengeségére világítanak rá. Ezek közül is kiemelendő a *prediktív validitás* problémája, nevezetesen az a tény, hogy a hagyományos, pszichometriai vagy IQ központú elméletek nem tudnak számot adni azokról a kiemelkedőnek mondható teljesítményekről, melyek az IQ skála alsó részén található autisták és úgynevezett bölcs idioták esetében alkalmanként elő fordul. Nem kevésbé problematikus a valós körülmények között várható teljesítmény bejósolása a képességek eloszlásának felső tartományában lévők esetében sem. Elegendő csupán a teljesítmény 'minőségi' vonatkozásainak, azaz újszerűségének, eredetiségének, hasznosságának, egyszóval *kreatív* jellegének a kérdésére, illetve a kreativitás intelligenciához fűződő viszonyának a kérdésére utalni (Landau, 1974; Gyarmathy, 2002). Az adottságok illetve a teljesítőképesség, az intelligencia elméleteinél lényegesen rugalmasabb, gyakorlatiasabb megközelítésének tekinthető a *tehetség* elmélete.

#### 1.4. TEHETSÉGELMÉLETEK

A kontextuális és komplex elméletek az intelligencia statikus, „*g*-eocentrikus” (Sternberg és Wagner, 1993) szemléletén kívánnak változtatni. Hasonlóképpen a kiválóság megértésében a tehetség elmélete is bizonyos értelemben felszabadulásnak tekinthető az intelligencia központú, főképpen pedig a *g*-központú szemléletmód fennhatósága alól. Fokozatos elmozdulás figyelhető meg a tehetség definíciók és modellek formálódásában az egytényezős, intelligencia hangsúlyú (*g* faktor-központú) elméletektől a nem kizárólag intellektuális tényezőket figyelembe vevő, többdimenziós elméletek irányába (lásd Callahan, 2000; Gyarmathy, 2002).

Az intelligencia, mint tudományos fogalmi rendszer és kutatási módszertan kettős értelemben dominálta, dominálja az emberi képességekről való gondolkodást. Egyrészt a 'minden egy' jellegű – már Galtonnál, tehát a legelső kimunkált tudományos elméletek egyikénél is jelenlévő – metafora szerint a kiválóság egységes abban az értelemben, hogy lényegében egy és ugyanazon tényező, az 'általános értelmességi együtthető' különböző sajátságokat magára öltő megnyilvánulásairól van szó a különféle kiválóság fajták esetében. Ebben az értelemben bármely sajátos területen tekintjük is a kiválóságot, ugyanazt látjuk visszatükröződni a terület sajátos közegén megtörve. Ennek a gondolkodásmódnak jellegzetes tudományos megjelenése a faktoranalitikus szemlélet és az ennek eredményeként létrejött *g faktor* elképzelés, mely úgymond 'horizontálisan' uralja a kiválóság kutatásának területét. Erre utal a pszichometrikus megközelítés jellemzésére használt 'geográfiai' metafora is (Sternberg, 2000). E szerint a faktoranalízis, mint vezető módszer és a pszichometrikus megközelítés általában az intellektus topográfiáját, az emberi képességeknek mintegy a térképét nyújtják. Ennek egyik hátulütője, hogy a nyugati társadalmakra jellemző gondolkodásnak és preferenciáknak megfelelően elsősorban az akadémikus, tesztekkel megragadható képességek, ezen belül is a logikai-matematikai vs. verbális dichotómia szerint rendezhető képességek értelmezése és rendszerezése adható meg, holott az emberi képességek minden bizonnyal, ahogyan erre például a kulturális összehasonlító vizsgálatok rámutatnak (pl. Serpell, 2000) sokrétűbbek, 'színesebbek'. Másfelől, a *g faktor* körüli viták a képességekben fellelhető közös értelmezése és e közös kimutathatósága felé tolta el (illetve hagyta meg ezeken a problémákon) a hangsúlyt és a kutatói érdeklődést az 'alternatív' képességek feltárásának és vizsgálatának kérdése helyett. Ebből a néző-

pontból a komplex megközelítés az intelligencia kutatás területén – pl. Gardner elmélete az egymástól (részlegesen) független intelligenciákról, vagy akár az ún. *érzelmi, személyközi intelligencia* kutatása (pl. Goleman, 1995) – és a tehetségelméletek is az érdeklődés – mind elméleti, mind gyakorlati vonatkozásban – kiterjesztését, kiterjedését jelentik az akadémikus, vagyis a leginkább *g*-telített területeken kívülre. Ez tükröződik a tehetség gyakran idézett, az Amerikai Oktatási Hivatal felkérésére 'készült' Marland-féle, vagy 'hivatalos'/'szövetségi' [federal], definíciójából (Marland, 1972, idézi, pl. Callahan, 2000). E meghatározás a hagyományosnak mondható a.) általános intellektuális képességek és a b.) specifikus iskolai tanulási képességek mellett önálló c.) kreatív, d.) vezetői, e.) művészi és f.) pszichomotoros képességekről és e képességterületeken jelentkező kiemelkedő teljesítményekről, azaz tehetségfajtákról beszél. Hasonlóképpen Ogilvie (1973, idézi Gyarmathy 2002) a fentiekhez hasonlókon kívül megkülönböztet még egy ún. technikai tehetség típust is. Általánosságban, a tehetségelméletek törekednek egyfelől a képességek, adottságok (képességövezetek (Gagné, 1985), tehetségdimenziók (Foster, 1981) és másfelől a teljesítmény megnyilvánulási területei (talentum dimenziók (Gagné, i.m.), teljesítmény övezetek (Foster, i.m.) közötti kapcsolatról nem leegyszerűsítő, leszűkítő módon gondolkodni, lefedve ezáltal az emberi képességek minél szélesebb spektrumát (áttekintésül Habermann, 1989).

Az intelligencia központú szemléletmód másik hatása az emberi képességekről való gondolkodásra a jelenségek redukcionista szemléletmódjában érhető tetten (Stanovich, 2001). A tudományos gondolkodás pozitivista hagyományának megfelelően a magas szintű jelenségek, jelen esetben a kiválóság a maga általánosságában, alacsonyabb, egyre 'elemibb' magyarázati szinteken értelmezhető és értelmezendő (teljesítmény > képességek > műveletek > műveleti paraméterek, pl. sebesség). Talán nem túlzás azt állítani, hogy az intelligencia statisztikai és biológiai megközelítése egzaktságánál és redukcionista jellegénél fogva az emberi képességek tanulmányozásában a pozitivista tudományideál beteljesítésének tekinthető. Ebben az értelemben az intelligencia központúság, különösképpen a *g* faktor hangsúlyozása és középpontba állítása egyfajta 'vertikális' meghatározottságot, dominanciát jelent. Egyetlen közös faktor feltevése szükségképp vezet el egyetlen végső hatótényező keresése felé. A kontextuális és komplex megközelítések, melyek a kiválóság illetve a különféle kiválóságoknak az örökléstől kisebb mértékben való függésének gondolatával és a környezeti hatótényezők (pl.

családi, társadalmi, kulturális kontextusok) figyelembevételével 'fölfelé' bővítik, tágítják az értelmezés perspektíváját, az egytényezős redukcionista sémán nem feltétlenül változtatnak. Továbbá nem kétséges, hogy amennyiben az alternatív intelligenciák mérhetőségüket tekintve megközelítik a már tradicionálisnak mondható képességmérés egzaktóságát, a faktoranalitikus módszer révén lehetővé válik integrálásuk egy komplex, kiterjesztett képességstruktúrába, ezentúl, a *g*-hez rögzítés által pedig elemi folyamatokhoz kapcsolásuk.

A tehetségelméletek ellenben, azáltal, hogy az intellektuális tényezők, és magasabb szinten a környezeti meghatározók mellett viszonylag alacsony szintű tényezőket is figyelembe vesznek ezen az 'egyszólamúságon' próbálnak változtatni. Mint fentebb utaltam rá a teljesítmény minőségi aspektusai egy olyan lényeges kognitív sajátosságra utalnak, amely nehezen illeszthető, értelmezhető a hagyományos intelligenciaközpontú fogalmi rendszerekbe(n), noha, például, mint Átfogó felidézési képesség megjelenik az intellektuális képességek faktorstruktúrájában<sup>3</sup> (lásd, Carrol, 1993). A tehetség elméletek, akár mint a tehetség alkotóeleme, akár mint önálló tehetségfajta a rendszer, mármint a tehetség tudományos modelljének integráns, de önálló, független komponensévé teszik a  *kreativitást*. Ezen túlmenően, a tehetség elméleteiben lehetőség van *szocio-emocionális* és *motivációs* sajátosságok figyelembevételére, melyek főképpen nem a kognitív rendszerrel, hanem a személyiség egészével hozhatóak összefüggésbe (áttekintésként Robinson és Clinkenbeard, 1998). A szociális készségek és viszonyok (konformitás, népszerűség, elutasítotttság), a személyiség emocionális karakterisztikumai (pl. szorongás, önértékelés, énkép, önbizalom), természetesen nem eredményezik magát a tehetséget (kivéve, természetesen azt az esetet, amikor a teljesítmény övezet, amelyben vizsgálódunk maga az ember szociális, társas szférája), hanem leginkább a sternbergi értelemben vett sikeresség, az adaptáció meghatározói (lásd, pl. Bóta, 2002). A motiváció ellenben, mint egyfajta - a

---

<sup>3</sup> A gond elsősorban elvi természetű. Egy kreatív megoldás egy intelligencia tesztben csak, mint a helyes megoldást felmutató vagy nem felmutató válaszként, illetve mennyiségi vonatkozásban (pl. megoldási idő), tehát sajátosságától elvonatkoztatottan lehet érdekes. És fordítva, az intelligens megoldás éppen hatékony, célravezető feladatteljesítést jelent, ahol a hatékonyság megítélése a megszokott, a hagyományosan célszerű megoldások alapján történik meg. A konvencionális és az újszerűség nehezen hozható közös nevezőre, még akkor is, ha a teljesítménymutatók korrelációja alapján a *g faktor* közös meghatározó tényezőként értelmezhető.

gyakran használt metafora szerint - 'üzemanyag', 'energetikai' háttér, a teljesítmény kognitív tényezők melletti közvetlen meghatározója lehet. Mondhatni, a 'tudás' mellett az 'akarás' a siker elengedhetetlen feltétele. Mindazonáltal jelen állás szerint a kreativitás, a motiváció a  $g$ -hez mérten még 'magas szintű' tényezőknek számítanak. Jóllehet a mérésekre kimunkált eszközök az intelligencia elméletek, főképpen pedig a pszichometrikus és biológiai modellek szigorúságához, tudományosságához mérten meglehetősen hozzávetőlegesek, bizonyára a  $g$  faktor megalapozásában valószínűsíthetően döntő elemi folyamat(ok)tól független, arra és egymásra vissza nem vezethető, jelenségekről van szó. Kielégítő módszerek kifejlesztése esetén lehetőség nyílna egyfelől, elméleti vonatkozásban újabb modellek megalkotására, másfelől, gyakorlati vonatkozásban az elméleti munkákon alapuló pedagógiai tehetség kiválasztási, tehetséggondozási módszerek határfokának emelésére.

A tehetség, mindezen hatótényezőket együttesen figyelembe vevő legelterjedtebb, leggyakrabban használt leírása a Renzulli (1986) által kidolgozott többfaktoros, úgynevezett *háromkörös* elmélet. Ezen elgondolás szerint a tehetség olyan tulajdonságokon, képességeken keresztül ragadható meg, melyek részben a megismerő rendszer intellektuális, és nem intellektuális faktoraival, részben a személyiség egészével hozhatók összefüggésbe. Ehhez Mönks (1992) hozzáteszi az optimális környezeti tényezőket, mint a tehetség megnyilvánulásának általános keretfeltételét. Ebből a perspektívából tekintve a tehetség úgy határozható meg, mint ami az átlagostól eltérő kognitív képességek (általános intellektuális képességek, speciális képességek, kreativitás) és személyiségvonások (motivációs tényezők), valamint optimális környezeti feltételek (család, társak, iskola) együttállásakor jelentkezik.

## 2. MATEMATIKAI INTELLIGENCIA ÉS MATEMATIKAI KÉPES- SÉGEK

Miként a fenti áttekintésből kiderült, a kiválóság meghatározásához, azonosításához, gondozásához fűződő nézetek - történetileg és elméletileg egyaránt - összefonódnak az intelligenciáról vallott elképzelésekkel. Különösen igaz ez a megállapítás az intellektuális, így a matematikai kiválóság kérdésére is. A tulajdonképpeni alapprobléma a matematikai tehetség meghatározásával kapcsolatban a következőképpen fogalmazható meg: a matematikai kiválóság kiemelkedően magas szintű *általános* intelligenciának ( $g$ ), avagy az általános intellektuális képesség megnyilvánulásának tekinthető-e, vagy inkább a matematikai tehetség háttérében *speciális* kognitív képességek, esetleg e képességek sajátos szerkezete áll (Wieczerkowski, Cropley és Prado, 2000). Másképpen fogalmazva, a matematikai intelligencia egy speciális, *matematikai képesség*-e, vagy inkább nem matematikai képességek egy mintázataként mutatkozik, jelenik meg? Továbbá, amennyiben egy, speciális képességről van szó, akkor e képesség az általánosság mely szintjén (a hierarchikus szerkezet melyik rétegében) ragadható meg? Az általános-speciális képesség szembeállítás azt a kérdést is magában rejti, hogy a kiválóság a matematika terén és talán más területeken is az általános, általában vett intellektus összetevőinek, faktorainak eltérő mértékű, tehát *mennyiségileg* különböző fejlettségének köszönhető vagy specifikus képességek, esetleg a képességek specifikus szerveződése okán *minőségi* eltéréssel, különbözőséggel van dolgunk (Winner, 2000). A matematikai intelligencia az általános intelligencia ( $g$ ), vagy esetleg az általános fluidnak ( $gf$ ) nevezett képesség értelmére korlátozódik-e, és ez esetben - lévén mindkettő általános képesség - csupán a mértékét tekintve, azaz mennyiségi értelemben specifikus? Vagy létezik-e egy minőségileg eltérő matematikai képesség, valahol az általános intellektuális képességek között? Vagy inkább néhány általános, vagy elemi szintű képesség együttes működésében ragadható meg a matematikai gondolkodás, és egyikük, esetleg mindegyik mennyiségi eltérése-ből fakad a matematikai kiválóság, a másik végleten például a matematikával összefüggő tanulási probléma?

A matematikai gondolkodás, illetve maga a matematika intuitív, mondhatni naív, 'népi' pszichológiai felfogásban nem más, mint elvont, absztrakt a végletekig általánosított gondolkodás, mely hasonló mértékben elvont, absztrakt jelrendszer, nyelvezet használatában és produkálásában fejeződik ki. Az ezen a terüle-

ten mutatott tehetség, vagy közkeletűbb nevén „a matematikai érzék” ennek megfelelően speciális (és különleges) képességet, esetleg csupán speciális hajlamot jelent az absztrakt gondolkodásra, e nyelv használatára. Ez az elképzelés viszonylag ritkán tükröződik a tudományos megközelítésekben. Legpregnansabb példaként említhetjük Gardner többszörös intelligenciák elképzelését, melyben számos megfontolás alapján (lásd fentebb) egyebek mellett a logikai-matematikai intelligenciát is független, autonóm intelligenciának tekinti. E kritériumok közül a matematikai intelligencia esetében a saját szimbólumrendszer, a Piaget kutatásaira visszavezethetően tanulmányozott önálló fejlődéstörténet, illetve kiemelkedő képességű matematikus specialisták - akik egyéb vonatkozásokban átlag alatti képességekkel rendelkeznek - példája emelendő ki (Gardner, i.m.).

Lényegesen tipikusabb az a törekvés, mely a matematikai gondolkodás sajátosságait nem matematika specifikus képességek alapján próbálja értelmezni. Ez a szemlélet tükröződik már az intelligenciakutatások által ihletett kezdeti kutatásokban, ahol konkrét problémák absztrahálásának, a generalizációnak képességeiben, a gondolkodás rugalmasságában, fluenciájában, a műveletek megfordíthatóságában, stratégián alapuló döntéshozatalban vélték megtalálni a kiválóság kulcsát a matematika terén (áttekintésül, Wiczerkowski, Cropley és Prado, 2000). Kézenfekvőnek tűnik, tehát a matematikai kiválóságot a gondolkodási folyamatok, így az általában vett intellektus sajátosságainak tulajdonítani és az általános képességek szintjén megragadni. Ebben a megközelítésben a kiválóság valójában a matematikai jellegű információkhoz való viszonyban ragadható meg. Krutetskij (1976, idézi Wiczerkowski, Cropley és Prado, 2000) szerint a „matematikus észjárás” a matematikai információk *megfigyelésében* (a szabályszerűségek, a „struktúra” megragadása, felfogása, kivonása a matematikai anyagból), *feldolgozásában* (logikus gondolkodás mennyiségi, téri viszonyokról, szám és betű szimbólumokban; gyors és átfogó általánosítás; törekvés tiszta, egyszerű, gazdaságos, racionális megoldásokra; gyors, könnyed, megfordítható gondolatmenet) és *megtartásában* (emlékezés viszonyokra, probléma-jellegzetességekre, bizonyítási, probléma-megoldási algoritmusokra, sémákra, elvekre) mutatkozik meg. Nem specifikus képességekről van szó, tehát abban az értelemben, hogy egyedi, különleges, csak, mondjuk matematikusokra jellemző folyamatok mennének végbe a tehetségesek fejében. Az egyediség, a specifitás abban rejlik, ahogyan képesek boldogulni 'matematikai közegben' tulajdonképpen általános műveletek segítségével. A

matematikai kiválóságnak e megközelítése a matematikai problémamegoldás folyamatának, a megoldáshoz vezető gondolati út(ak) bejárásának tanulmányozásán alapul és mind a teoretikus, mind pedig a gyakorlatorientált kutatásokban használatos. Dreyfus és Eisenberg (1996) szerint a hatékony, eredményes matematikai gondolkodás leglényegesebb aspektusa a gondolkodás rugalmassága, a *flexibilitás*, mely a problémamegoldás, az absztrakt fogalomalkotás kulcsát jelenti. A gondolkodás flexibilitása, meglátásuk szerint a problémák *analógiákon*, annak két aspektusán, a leegyszerűsítésen és általánosításon keresztül történő megértésében, a *struktúra* – mint a matematika más tudományokhoz mérten egyik legkarakteresebb jellemzőjének – megragadásában, meghatározásában, illetve az erre való képességben nyilvánul meg. A matematikai állításokban, fogalmakban, problémákban benne rejlő információ *reprezentációja*, illetve a reprezentációk sokfélesége és egymásba fordíthatóságuk, egyszóval rugalmas használatuk, főképpen pedig a 'gondolatok' vizuális szemléletmódja, a *vizualizáció*, a gondolatmenet, a gondolkodás *irányának megfordításával* együtt a fogalmak mély megértését, továbbá a problémák szemléltetésén túl azok hatékony megoldását is lehetővé teszik. A teljesítménykülönbségeket a matematika terén a gondolkodás rugalmassága szerinti eltérésekre lehetne visszavezetni, ebből következően mind a matematikai gondolkodás természetének tanulmányozásakor, mind pedig a matematikai készségek fejlesztésénél, azaz az iskolai tanításban a flexibilitás vizsgálatára és fejlesztésére kell helyezni a hangsúlyt. Mayer és Hegarty (1996) szerint – még tovább növelve az elemzés felbontóképességét – matematikában jó és kevésbé sikeres problémamegoldók között minőségi különbség mutatható ki a probléma *megértésében*, reprezentációjában illetve a reprezentáció kialakításához segítő gondolkodási stratégiában. Míg a kevésbé sikeresek, kezdők, illetve nemzetközi összehasonlító vizsgálatok szerint amerikai diákok szemben például japán diákokkal (Stiegler, Lee és Stevenson, 1990, idézi Mayer és Hegarty, 1996) – a propozíciókban fellelt számszerű, mennyiségi információk kiragadása által közvetlenül aritmetikai műveleteket előkészítve – az úgynevezett *közvetlen translációs stratégiát* használják, mely egyfajta felszínes, számításokat hangsúlyozó és gyakran hibás eredményre vezető ugyanakkor gyorsabb, gazdaságosabb és problémafüggetlenebb heurisztika. Ezzel szemben a gyakorlott és 'eredendően' jobb problémamegoldók *problémamodellező stratégiát* követnek, mely stratégia alkalmazása azt jelentené, hogy a diákok a problémaszituáció minőségi kiértékelésével, a helyzet általános megértésére törekedve a számszerű információkon túl az 'objek-

tumokon' és az objektumok közötti viszonyokon alapuló összetettebb és információdúsabb problémareprezentációt és megoldási tervet, algoritmust készítenek elő.

A gondolkodási folyamatok elemzésének gyakorlati célú, praktikus példaként említhető, a Hamburg Matematikai Tehetség Teszt (Hamburg test für Mathematische Begabung, Wagner, és Zimmermann, 1986, idézi pl. Gyarmathy, 2002), mely nem csak a feladatok helyes megoldását, hanem a megoldási folyamatot is a kiértékelés részévé teszi. Abból az elgondolásból kiindulva, miszerint a matematikai gondolkodás lényege a nagyfokú szervezethez jellemezhető struktúrák belátása és megtalálása, a teszt hat összetett, e folyamatban jelentősnek tartott matematikai gondolkodási 'aktivitást' azonosít és elemez:

1. az anyag szervezése
2. mintázatok és szabályok felismerése
3. a problémareprezentációk újraalkotása, mintázatok és szabályok újrafelismerése
4. erősen összetett struktúrák megértése és használata
5. ellenkező és megfordított irányú feldolgozási folyamatok
6. kapcsolódó problémák megtalálása (kialakítása).

Ezek a 'műveletek', részben legalább is (1., 6.) az emberi gondolkodás metakognitív aspektusaival is összefüggésbe hozhatóak. A feladat végzés fölött gyakorolt - a *metakognitív tudatosságtól* [metacognitive knowledge], egyfajta általános éberségtől, introspekciós képességtől megkülönböztetett és ennek alárendelt - úgynevezett *végrehajtói kontroll*<sup>4</sup> [executive control] olyan magas szintű, a feladat végrehajtását segítő, vezérlő szervezési, tervezési folyamatokat jelent, melyeknek tudatában van a feladat végrehajtója, és amelyeket tudatosan alkalmaz a végrehajtás során. Ezek közé sorolják a feladatmegoldás sikerességének vagy kudarcának *elővételezését* [prediction, anticipation], a megoldáshoz vezető út lépésenkénti *megtervezését*, a stratégiák, megoldásmódok 'menet közbeni' ellenőrzését, *monitorozását*, valamint a megoldás folyamatának és eredményességének *kiértékelését*.

---

<sup>4</sup> A metakognitív ezen fajtája a névazonosság ellenére nem tévesztendő össze a munkamemória fogalmi körében használatos és a későbbiekben ismertetendő központi végrehajtó kontrolláló működésével. Az előbbi esetben egyfajta stratégikus hozzáállásról van szó, míg az utóbbi lényegesen elemibb, noha kontrollált, akaratlagos, tudatos folyamatként értelmezett jelenségeket jelent.

A különféle tehetség vizsgálatok tanulságai szerint a tehetséges gyerekek – a teljesítmény övezetek fajtáira tekintet nélkül – nem feltétlenül rendelkeznek szélesebb metakognitív repertoárral, sokkal inkább a stratégikus hozzáállás, illetve a problémamegoldási stratégiák gyakorlottsága alapján különböztethetők meg a tehetségesek és a kevésbé tehetségesek. Főképpen újszerű problémák megoldásakor jelent előnyt a stratégiai hozzáállás, az analógiák, hasonlóságok tudatos keresése (áttekintésként Dark és Benbow, 1993; Robinson és Clinkenbeard, 1998). Különösképpen igaz lehet ez a matematikai problémamegoldás területén, ahol a feladatmegoldó kognitív és az ezekre a műveletekre irányuló metakognitív folyamatok közel állnak, 'hasonlitanak' egymáshoz. A hasonlóságra példaként említhető, hogy adott esetben a matematikai feladat megoldása egy korábban ismert séma, pl. analógia felidézését és alkalmazását kívánja. Ebben az esetben az analógia keresése és felhasználása – mint kognitív művelet – és az analógia keresése, mint problémamegoldási (metakognitív) stratégia nehezen különböztethetők meg egymástól. Vizsgálatok tanúsága alapján úgy tűnik, a matematikai gondolkodás fokozott metakognitív tudatossággal és kontrollal jár együtt, és ezeknek a folyamatoknak nagy jelentősége lehet a feladatok sikeres megoldásában is, különösen a kevésbé automatizált, túltanult folyamatokat igénylő területeken, mint amilyen a geometria, vagy matematikai jellegű problémamegoldás, szemben például az aritmetikával. Továbbá matematikában jobban teljesítő gyerekek szignifikánsan jobb, esetleg kifejtettebb metakognitív készségeket mutatnak kevésbé tehetséges társaikhoz képest (Lucangeli és Cornoldi, 1997). A tanulási, különösen a matematikával összefüggő zavarok vizsgálata alapján elképzelhető, hogy a matematika tanulásával, tanításával kapcsolatos nehézségek, legalábbis részben a metakognitív képességekben mutatott hiányosságokkal áll kapcsolatban, ezen összefüggés megfordításaképpen, pedig a metakognitív készségek fejlesztésével, főleg a kevésbé automatizálható készségeket igénylő területeken az iskolai eredményesség is javítható (Montague, 1992, idézi Lucangeli és Cornoldi, 1997).

A problémamegoldás gondolkodási, információ feldolgozási folyamatainak magas szinten történő elemzése azt mutatja, hogy a matematikai gondolkodás folyamatának műveletekre bontása, algoritmizálása közelebb vihet az egyéni különbségek megértéséhez is. Ugyanakkor, kétségtelenül van valami irracionális, nem algoritmizálható momentum a matematikai észjárásban, különösen igaz ez a nagy 'felfedezésekre'. Számos kutató, 'önelem-

zó' matematikus és a matematikusok gondolkodását vizsgáló pszichológus említ jobb híján  *kreatív*nak nevezhető jelenségeket a probléma megoldásának megtalálásával, belátásával kapcsolatosan. Zimmerman (1998, idézi Wiczerkowski, Cropley és Prado, 2000) az általa *aktív struktúrálás*nak, esetleg *struktúrálódás*nak nevezett jelenséget a következőképpen jellemzi:

- nem algoritmikus
- komplex
- több megoldást eredményez
- nüánsznyi döntéseken múlik
- többszörös kritériumokat kíván
- bizonytalansággal, kétségekkel jár együtt
- önszabályozást kíván
- nagyobb jelentőséggel bír a látszólag bizonytalan a biztosnál.

A matematikusok, köztük Rickart (1996), Poincaré (1973) előszeretettel hivatkoznak a matematikai gondolkodás *kreatív és esztétikai* jellegű aspektusaival kapcsolatban tudattalan folyamatokra. Ennek oka abban keresendő, hogy a megoldások megtalálása gyakran a megvilágosodás hirtelenségével, váratlanul, a tudatos én, az aktív önmegfigyelés számára hozzáférhetetlenül bukkan fel. Minden bizonnyal az elnevezéssel ellentétben nem - a freudi vagy a jungi értelemben vett - tudattalan folyamatokról van szó. A matematikai felfedezéseknek, főképpen tartalmi vonatkozásaiban nem sok köze lehet - némi leegyszerűsítéssel élve - az ösztönkonfliktusokhoz vagy az emberiség tapasztalatait 'leképező' szimbólumokhoz. Az intuitív történések leginkább azzal a Freud előtti, kognitív hangsúlyú tudattalan felfogással rokoníthatóak (tudattalan = a reflektorfényen kívül eső), mely a freudi *tudatelőttes* előzményének tekinthető (lásd, Pléh, 2000, 388. o.), esetleg a Gestalt pszichológusok *belátás* fogalmához kapcsolhatóak. A megoldás váratlannak tűnő felbukkanását „hosszú és kemény, a témába vágó matematikai munka előzi meg, mely nem hoz megoldást. Ezt lazítás vagy más témába belefeledkezés követi, mely nem kapcsolódik a meg nem oldott problémához” (Rickart, im. 288. o.). Rickart azonban, Poincaréval ellentétben úgy véli, hogy ezekben az esetekben nem kizárólag a kiváló matematikusokra vagy a matematikai gondolkodásra jellemző specifikumokról van szó, a jelenség mindennapi, általános csak a kontextus más.

A kontextus kérdése tágabb értelemben is fölvethető a matematikai gondolkodással kapcsolatban. Nem csak a műveleteknek, hanem a műveletek alkalmazásának is van kontextusa. Az intelligencia komplex megközelítése kapcsán már említett, a matematikai képességek, a matematikai kiválóság kutatásának szempontjából sem érdektelen problémáról van szó, nevezetesen az elméletekkel szemben felállított érvényességi kritérium, közelebbről az ökológiai validitás kritériumának kérdéséről. Vizsgálato-  
k tanúsága szerint a tiszta, mondhatni laboratóriumi körülmények közötti matematika egészen másképp 'működik' mint a mindennapi életben használt, összetettségét tekintve csöppet sem naiv matematika. A kognitív pszichológia eredményeivel egybevágóan, mely szerint a logikus, következtetési gondolkodás nem csak a formális, logikai (induktív és deduktív) és 'pszichológiai' (heurisztikus) következtetési szabályok, hanem a tartalom, a gondolkodás tárgya által is meghatározott (lásd például a Wason feladatokat (Wason és Johnson-Laird, 1972)). A matematika szabályainak alkalmazása és a képesség e szabályok alkalmazására is az alkalmazás körülményeinek, illetve azon anyagnak, melyen alkalmazásra kerülnek a függvénye. Ennek megfelelően mind az elmélet 'építésben', mind pedig gyakorlati területen (pl. tehetség kiválasztás) megfontoltan kell eljárni, összhangban a kontextusok figyelembevételére vonatkozó 'előírásokkal', megfontolásokkal (lásd például fentebb Berry és Irvine kritériumait). A legbeszédesebb illusztrációi ennek az elgondolásnak azok a vizsgálatok, amelyek tiszta és a mindennapi matematika területén mutatott jártasságot hasonlítják össze. Carraher és munkatársai, (1985, idézi Ceci és Roazzi 1994) iskoláskorú, 9-15 éves brazil 'utcagyerekek' matematikai képességeit vizsgálták 'formális' iskolai feladatokban ( $76+50=?$ ) és mindennapi, életszerű szituációkból származó példákat tartalmazó 'informális' tesztekben (76 és 50 cruzeiroba kerülő kókuszdiók mennyibe kerülnek összesen?) mutatott teljesítmény összehasonlításával. Az eredmények szerint az informális tesztekben 98 %-os, míg a formális tesztekben csupán 37 %-os eredményesség mutatkozott. Érdekes módon más vizsgálatok szerint középosztálybeli diákok esetén éppen ellenkezőleg, aszimmetrikus teljesítmény a formális tesztelés javára figyelhető meg. A képességek szintjének becslésekor a formális és a kontextus függő vizsgálóeljárások egyaránt félrevezetőek lehetnek az 'eredeti' tanulási, tapasztalati kontextus függvényében.

A még tágabb értelemben vett kontextus, mint amilyen a kultúra, illetve a nyelv is hatással lehet a matematikai gondolkodás egyes sajátosságára. Példaként említhetjük Miller és Paredes

(1998) nyomán, hogy a számok nyelvi reprezentációjának (a számrendszer vizuális és verbális szimbólumainak) eltéréseire<sup>5</sup> vezethető vissza néhány, a számolási teljesítményben megfigyelhető különbség angol és kínai anyanyelvű gyerekeknél, azaz a számok és a számhasználat elsajátításának idején. Vagy a számneveket használó rövid távú emlékezeti vizsgálatok (számterjedelem) alapján megfigyelhető nemzetek (nyelvek) közötti eltérések a számok elnevezésének sajátosságaira (szóhosszúság, illetve kiejthetőség) vezethető vissza (Baddeley, 2001).

A matematikai gondolkodás fentebb ismertetett sajátosságainak sokrétűségére tekintettel, úgy tűnik, leginkább a Sternberg-féle triarchikus intelligencia elmélet kínál lehetőségét számunkra e sokféle és igen különböző ténytérzés összhangba hozatalára, koherens, 'kerek' értelmezésére (Sternberg, 1998). Az információfeldolgozási folyamatok Sternberg elméletében az intelligencia internális aspektusát jelentik. A fenti áttekintés alapján e folyamatoknak, és e folyamatok sajátosságainak döntő jelentősége van a matematikai gondolkodásban. A problémamegoldás végső soron nem más, mint a teljesítménykomponensek körébe sorolt műveletek (problémaelemek azonosítása, válaszlehetőségek összehasonlítása, döntés a válaszról, a válasz végrehajtása) működése. E folyamatok sikeressége nagymértékben múlik a megoldás 'előkészítettségén', lényegében a helyzetértékelés közvetlen (a probléma sajátosságainak meghatározása) és távolabbi (a megoldáshoz szükséges ismeretek elsajátítása) előzményein, melyek, sternbergi terminológiával a tudásmegszerző komponensek (szelektív kódolás - a releváns elemek beazonosítása; szelektív kombináció - integrált egész létrehozása; szelektív összehasonlítás - az új és a tárolt összekapcsolása) működésének köszönhetőek. A feladat megoldáshoz közvetlenül kapcsolódó folyamatok mellett az úgynevezett metakognitív folyamatok, Sternberg elméletében metakomponensek (a megoldásra váró problémák azonosítása; adottságok, célok, akadályok azonosítása; a probléma mentális reprezentációjának kialakítása, kiválasztása; a problémamegoldás elemi folyamatainak kiválasztása; a helyes stratégia kiválasztása; az erőforrások elosztása a cél érdekében; a megoldási folyamat monitorozása; az eredmények kiértékelése), azaz a problémamegoldás úgymond stratégiai és taktikai elemei szintén nagy jelentőségűek. A matematika kreatív aspektusait - részben legalább is - a triarchikus elmélet tapasztalati

---

<sup>5</sup> Szintaktikai 'következetesség' a tíz fölötti számok elnevezésében a kínai (és magyar) nyelvben szemben az indo-európai nyelvekkel.

alteóriájának leírása teszi kezelhetővé. Általánosságban a tapasztalati alelmélet arról nyújt leírást, ahogyan a feldolgozási folyamatok, vagyis az internális komponensek eredményei kivonatolásra kerülnek, újszerű, nem tapasztalt körülmények között hasznosulnak, azaz ahogyan az emberi ismeretek a tapasztalatok útján gyarapodnak és a már elsajátított ismeretek automatizálódnak a használat során. A matematikai gondolkodásról szólván „az új számrendszerekkel való bánásmódtól, az újdonsággal való megbirkózáshoz szükséges bizonyítások formalizálásán át, egészen az automatizációhoz szükséges további tényekre való visszaemlékezésig” (Sternberg, 1998, 306. o.) a matematika elsajátításában és a matematikai problémamegoldásban való előrehaladásban döntő folyamatokról adhat számot a tapasztalati alelmélet. A kontextuális alteória révén, azáltal, hogy az 'akadémikus' képességeken túlmenően a gyakorlati vagy praktikus készségeket is az intelligencia fogalmi hálójába 'szövi' a mindennapi matematika kirívó megjelenési formái is értelmezhetővé válnak. A matematikai gondolkodásban tehát, az intelligencia valamennyi aspektusa szerepet kap, mint ahogyan valószínűleg minden emberi intellektuális megnyilvánulásban. A matematikai intelligencia, tehát a triarchikus elmélet nézőpontjából tulajdonképpen egy sajátos intelligencia vagy tehetség profil, a képességek egy sajátos mintázata, melyet leginkább az analitikus, azaz a komponenciális alelmélet által leírt képességek dominanciája jellemez. Így a matematikai kiválóság elsősorban az analitikus képességek fejlettségével hozható kapcsolatba. Ugyanakkor létezik kreatív matematikai tehetség, aki az újdonság megsejtésében és kimunkálásában, azaz az intelligencia tapasztalati aspektusaiban, és gyakorlati 'matematikus', aki az - sok esetben nem is iskolai keretek között szerzett - ismeretek gyakorlati, a mindennapi élethelyzetekben történő alkalmazásában, vagyis az intelligencia externális aspektusaiban kiváló. Megjegyzendő, hogy Sternberg felveti azt a lehetőségét is, hogy a kiválóság 'oka' nem is annyira a folyamatok, mint inkább a folyamatok eredményeként előálló reprezentációk karakterisztikumaiában keresendő

A gondolkodási folyamatok elemzése, mintegy a matematikai kiválóság fenomenológiájaként empirikus bázist nyújt a matematikai gondolkodás pszichológiája számára, ugyanakkor mindezek alapján nem lesz feltétlenül könnyebb annak a kérdésnek a megválaszolása, hogy miben is áll a matematikai kiválóság, minek is köszönhetően tehetségesebb valaki matematikából a kevésbé tehetségesekekhez képest. E nehézség hasonlít az intelligencia fentebb említett *alacsony* szemben *magas szintű* magyarázat

problémájához. A magas szintű megközelítés, a matematikai gondolkodás 'felszíni' történéseinek leírásával valójában, Anderson szavaival a problémamegoldás - jelen esetben a matematikai problémamegoldás - újrafogalmazási keretét adja, és nem a matematikai gondolkodás elméletét. Egyfajta körkörös érvelés alakul ki, ahol a bizonyításhoz használt érvek maguk a bizonyítandó által nyernek igazolást. Példaként feltételezhetjük, a Hamburg teszt eredménye alapján, hogy tehetséges az, aki mondjuk erősen összetett struktúrák megértésére képes matematikai problémák megoldása során, ugyanakkor, ha e képesség okára kérdezzük, a válasz az, hogy azért képes, mert tehetséges. A tehetség, a kiválóság egyfajta szinonim meghatározását eredményezné csupán az a törekvés, mely a matematikai intelligenciát 'matematikus észjárásra' való hajlamhoz, képességhez kapcsolja, bármit jelentsen is itt az észjárás és képesség kifejezés. Vagy Sternberg elméletét figyelembe véve, azért jó matematikai problémamegoldó valaki, mert jól működnek a metakomponensek, mert képes helyesen reprezentálni a problémát, képes a helyes problémamegoldási stratégiát kiválasztani. A reprezentáció folyamata, a stratégiaválasztás mikéntje, egyúttal a - tehetségességet meghatározó - okok azonban rejtve maradnak. Ugyanakkor, a teoretikus nehézségek ellenére nem tagadható, hogy gyakorlati szempontból, például tehetség kiválasztások esetén a problémamegoldási, gondolkodási folyamatok árnyalt elemzése minden bizonnyal hatékonyabb és eredményesebb, mint a teljesítmény pusztán mennyiségi kiértékelése.

Az elméleti problémák megoldása felé vezető egyik lehetséges irány a (magas szintű) gondolkodási folyamatok visszavezetése elemibb tényezőkre, jelesül a pszichometrikusok által I. vagy II. szintűnek nevezett képességekre. Ez a megoldás azzal az előnnyel jár, hogy egyrészt úgy tartja meg a pszichológiai magyarázat elsődlegességét, hogy egyúttal nem zár ki egy redukcionista, egyúttal szigorúbb magyarázati lehetőséget. Másrészt a matematikai intelligencia beilleszthetővé válik az emberi intelligencia struktúrájába, összemérhetővé téve, ezáltal más képességekkel, intelligenciákkal.

Az elemi matematikai képességek beazonosítása egy olyan vizsgálat keretében volna megvalósítható, mely kutatási stratégiáját tekintve hasonlít az intelligencia pszichometrikus megközelítéséhez. A matematikai feladatok egy, a matematika részterületeire, az alkalmazott feladattípusokra, a feladatok nehézségére nézve reprezentatív mintáján (ha ez egyáltalán előállítható) elvégzett faktoranalízis a matematikai műveletek egy viszonylag széles, átfogó és talán reprezentatív spektrumát nyújtaná, mely

műveletekhez matematikai képességek rendelhetők, azaz a feladatmegoldás elemi műveletei, mint pszichológiai műveletek, egységek értelmezhetők. Ilyen vizsgálat híján csupán heurisztikusan, a józan ész, a józan ítélőképességet mércéül választva lehet eljárni, miként teszi ezt Carrol (1998). A matematikai gondolkodás, képességek problémáját fontolgatva arra a következtetésre jut, hogy a matematikai képességek struktúrája beilleszthető a kognitív képességek meglehetősen alapossággal, hatalmas adatbázison, faktoranalitikus eszközökkel feltárt átfogó, hierarchikus rendszerébe. Számos elemi szintű képesség összefüggésbe hozható a magas szintű matematikai teljesítménnyel, ezért 'matematikai képességnek' tekinthető. Ezek közé sorolja az indukciót, a következtetéses gondolkodást, a mennyiségi gondolkodást, a nyelvi fejlődést, a nyelvi megértés képességét, számolási képességet, a memória terjedelmet, az asszociációs memóriát, az értelmes memóriát, a vizualizációs képességet és a térbeli kapcsolatok észlelésének képességét. Ezen kívül, a számolási könnyedség, a tesztmegoldás sebessége, az egyszerű reakcióidő, a választásos reakcióidő, a szemantikus feldolgozási sebesség és a gondolati összehasonlítás sebessége, mint elemi képességek kisebb mértékben jelentősek lehetnek a matematikai gondolkodásban. Mindezen első szintű képességek magasabb szinten, mint Fluid intelligencia, Kristályosodott intelligencia, Általános memória és tanulás, Általános vizuális észlelés, avagy Általános téri képesség, Átfogó kognitív gyorsaság és Feldolgozási sebesség faktorok ragadhatók meg. Az újabb fejlemények alapján (Bickley és mtsai, 1995) a II. szinten mindezekhez járulhat még az Általános mennyiséginek (gq) nevezett faktor, illetve a neki alárendelt képességek. Végül a legfelsőbb, legáltalánosabb szinten az Általános intelligenciában (g faktor) ragadható meg a matematikai képességeket, így a matematikai teljesítményt meghatározó tényező. A pszichometrikus intelligencia felfogást kiindulópontul választó nézőpontból úgy tűnik, a matematikai intelligencia nem egy speciális képesség, sokkal inkább az állapítható meg, hogy a matematikai kiválóságban egyaránt döntő jelentősége van a fluidnak és kikristályosodottnak nevezett képességek mellett az emlékezeti és tanulási képességeknek és némiképp kapcsolatban áll a mentális folyamatok sebességével, azaz a matematikainak nevezhető, de nem kizárólag matematika specifikus elemi képességek egy sajátos mintázatáról lehet szó.

A matematikai kiválóság a g, vagyis az általános intelligencia faktor magas szintjeként való meghatározása mindezek alapján (is) kissé problematikus. Amennyiben a g faktor logikai származéka, vagyis implikátuma az alacsonyabb rendű faktoroknak,

mely implikációt a korrelációs viszonyok indokolják, akkor az együtt járás közöttük, az együttmozgásuk szükségszerű. Az alacsonyabb nivójú képességfaktorok alacsony színvonalat jeleznek a szintfaktorokban és végső soron a  $g$ -ben is. Az oksági származás természetesen éppen fordított irányú. A  $g$  faktor, értsünk alatta, mentális energiát, tanulási potenciált, problémamegoldó képességet stb., oka és meghatározója a specifikusabb, szűkebb értelmű, szűkebb spektrumú képességeknek. Az együttváltozás szükségszerűségének a megállapítása ebben az irányban, ha lehet még magától értetődőbb. Bármiféle 'attribúció' a teljesítmény okait és miértjeit illetően - kölcsönösen összefüggő tényezők lévén - egyaránt, azonos mértékben vonatkozik/hat a speciális és általános meghatározókra<sup>6</sup>.

Továbbá az általános intelligenciára hivatkozó magyarázat a matematikai gondolkodás esetén is nehezen boldogul a specialisták kérdésével. Messze az átlag alatti intelligenciaszint mellett is figyelemre méltó matematikai teljesítményre képes személyek példái alapján (pl. Dehaene, 2003) nehezen tartható a matematikai kiválóságnak a magas általános intelligencia alapján történő meghatározása. De hasonló nehézség adódik az 'értelmességskála' másik végén is. Azonos mértékű, magas IQ szint mellett két ember egészen különböző (intellektuális) teljesítményre képes, és megfordítva, különböző mértékben 'fejlett' intellektus nem feltétlenül eredményez különbségeket az egyes képességekben. A  $g$ -re hivatkozó magyarázat még akkor is nehézkes, ha az egyéni eltérések részben a különböző gyakorlottsági szint, a szubjektív preferenciák eltérései alapján indokolhatók. A matematikai intelligenciára nézve, például egy matematikában képzett és tehetséges ember teljesíthet kiválóan a matematika egyik területén, például a geometriában, míg egy másik területen, például a statisztikában gyengébben, meglehetősen átlag feletti színvonalon. Még tovább menve, csupán a fluid képességekre szűkítve közkeletű az a vélekedés, hogy létezik „induktív” vagy „intuitív” és „deduktív” ma-

---

<sup>6</sup> Ahogyan minden emberi szervezet rendelkezik légző, emésztő, keringési funkcióval és e funkciókat ellátó szervekkel, és mindezek eredőjeként adódik organikus értelemben, kvázi  $g$  faktorként az élet. Az életműködések mennyiségi mutatói egy bizonyos optimum tartományon belül emberek között (egy funkció vonatkozásában) és emberen belül (több funkció összevetésében) változnak. Mégis, nehéz volna akár az emberek közötti különbségeket, akár az egyéni belüli variabilitást kizárólag az 'általános életerő' hatásának betudni. Még problémásabb egyetlen életfunkció értelmét redukálni erre a közös faktorra, annak ellenére, hogy 'g-telítettség' szempontjából lehetnek eltérések az egyes faktorok között (pl. keringési rendszer vs. mozgató rendszer).

tematikus 'típus' (Hadamard, 1954, idézi Carrol, 1998). Hasonlóképpen a Pioncarétól (1952, idézi Gyarmathy, 2002) származó megkülönböztetése a „logikus” és „intuitív” tehetség típusoknak, illetve a Reichel-féle (1997) felosztás a „fogalom-felismerő” vagy „elmélet-építő” és a „problémamegoldó” típusokról azt sejtetik, hogy a képességek különféle profilba rendeződhetnek, különféle kiválóság vagy tehetség típusokat, egy típuson belül eltérő hajlamokat és erősségeket eredményezve, még akkor is, ha a valóságban tiszta eseteket nem talál. Úgy tűnik, tehát, hogy elméleti szempontból a – stílszerűen szólva – 'közös nevezőként' értelmezett  $g$  faktornak nincs perdöntő jelentősége a matematikai kiválóság értelmezésében. Ugyanakkor nem tagadható a  $g$  faktor, illetve a  $g$  mérését lehetővé tevő intelligencia tesztek gyakorlati jelentősége a tehetség beazonosítás területén.

Mindezekre tekintettel talán nem túlzás azt állítani, hogy a matematikai intelligenciának, több 'arca' van. Egyfelől, az iskolai tanítás és sok esetben iskolán kívüli források révén szerzett matematikai ismeretek – ideértve a 'konkrét' lexikális anyag (a szorzótáblától kezdve a matematikai képletekig, törvényekig) ismerete mellett a műveletek, szabályok, bizonyítási eljárások ismeretét is – alkotják a matematikai intelligencia kikristályosodott aspektusát. A matematikai intelligencia fluidnak nevezett oldala az induktív, szabálykereső és a deduktív, következtetési gondolkodásban ragadható meg, függetlenül attól, hogy mint következtetési, bizonyítási, probléma megoldási rutinok, egyszóval gondolkodási algoritmusok tanulhatóak, fejleszthetőek (pl. Pólya, 1971). Harmadrészt, noha a matematika nem csak számokról szól, a matematikai intelligencia, mint mennyiségi gondolkodás mutatkozik meg. Jellemezhető ezen kívül a kognitív rendszer matematikai tartalmakra (is) irányuló működési sajátosságai szerint is, mint tanulási és emlékezeti tehetség, mint vizualizációs és téri viszonylatok észlelésére vonatkozó adottság és kisebb mértékben észlelési és feldolgozási, gondolkodási sebesség. Ezen összetevők mintegy 'közös többszörőseként' adódik a matematikai intelligencia.

### 3. KOGNITÍV KONTROLL ÉS A MUNKAMEMÓRIA ELMÉLETE

#### 3.1. KONTROLL ÉS SZABÁLYOZÁS

A kognitív pszichológiában kontroll, ellenőrzés, szabályozás kifejezésekkel megragadott és a figyelemmel összekapcsolt jelenségek a kontrollált, ellenőrzött, szabályozott folyamatokkal szembeállítva, annak a természetszerű, 'reflexes' intuíciónak, mondhatni népi pszichológiai alapvetésnek visszatükröződései, amely szerint a 'lelki élet' akaratlagos, ennél fogva szabad aspektusai alapvetően megkülönböztetendők a determinált, vagyis nem szabad mozzanatoktól. Ez a kettősség, amely egyúttal történetileg - legalább Descartes óta - a 'lélekkel' foglalkozó filozófiai, pszichológiai vizsgálódások örökös és alapvető distinkciójának tekinthető a pszichológia történetében *test-lélek problémaként* ismeretes és különféle összefüggésekben, kimondva, vagy kimondatlanul a spekulatív és a 'tudományos' pszichológia különféle vállalkozásaiban is tetten érhető. A kérdésnek a kezdetektől alapvető jelentősége volt az intézményesült tudományos pszichológiában a pszichológia tudománya önazonosságának meghatározása szempontjából (lásd, pl. Pléh, 2000; Thorne és Henley, 2000). Wundt (1897) például, a figyelem (appercepció) jelenségeiben a pszichológiai gondolkodás és vizsgálódás par excellence tárgyait látja - Tichner Wundra vonatkozó szavaival „a figyelemről szóló tanítás az egész pszichológiai rendszer veleje” (1908, 27. o.) - és hosszabb időre alapvetően meghatározta a laboratóriumi-introspekciós pszichológia keretében a fogalmi és kísérleti elemzés lehetőségeit. James (1890), mint a kognitív kontrol szakirodalmában a másik, 'legősibb' referenciapontként tekintett szerző (pl. Monsell és Driver, 2000) szerint az akarat, a szándékolt figyelem (úgy is, mint szabad akarat) révén haladható meg az automatikusan érvényesülő (észlelési, érzékelési) hatásokban megtestesülő determinizmus, mely gondolat a motivációs pszichológiákban teljesebben ki.

A test-lélek probléma (egyik) kognitív pszichológiai 'reinkarnációja' például az *automatikus* szemben *kontrollált folyamatok* Shiffrin és Schneider (1977; Schneider és Shiffrin 1977) nevéhez köthető megkülönböztetésében figyelhető meg. E felosztás termékeny és sikeres elgondolásnak bizonyult azokkal a problémákkal kapcsolatban, melyek a feldolgozórendszer mind figyelmi, mind pedig emlékezeti vonatkozásban korlátozott teljesítőképességének tényéből származnak. Számos, a figyelem kutatás legalapvetőbb problémáival - mint amilyen a figyelem 'támadáspontjának' (korai ill. kései szűrés), vagy a figyelmi működés jelle-

gének (folytonos vs. szakaszos, illetve párhuzamos vs. szekvenciális feldolgozás) kérdései – összefüggő, elméleti és módszertani alapon különböző kutatást terel egy sodorba. Olyan fogalom párok tartoznak az automatikus-kontrollált folyamatok családjába, mint például figyelem előtti – figyelmi, adatvezérelt – modellvezérelt, alulról fölfelé irányuló – felülről lefelé irányuló folyamatok, de ide tartozik a mai szövegösszefüggésekben használatos komponens és végrehajtói funkciók megkülönböztetés is (áttekintésül Czigler, 2001).

Az elgondolás magva, hogy az automatikus, vagy a gyakorlások révén automatikussá lett feldolgozás laboratóriumi helyzetben éppúgy, mint a mindennapi életben 'ár/érték' tekintetében meglehetősen hatékony működésmód azáltal, hogy

- gyors, azonnali lefolyású
- párhuzamos
- nincs kapacitás-korlát (nem igényel további erőforrást)
- erőfeszítést nem igényel
- ellenáll a módosításnak, elnyomásnak, változásoknak

Jól begyakorolt készségek automatikus, kapacitás 'nélküli' lefutása teszi lehetővé, biztosítja a feldolgozás zökkenőmentességét (interferencia mentesség), például kettős feladathelyzetben, vagy a feldolgozás korai, perceptuális szakaszában. Gyakran azonban, főképp amennyiben nincs mód automatikus folyamatok révén 'megoldani' a feladatot, esetleg éppen az automatikus folyamatok ellenében extra (figyelmi) erőforrások bevonásával szabályozó folyamatokra van szükség az interferenciát elkerülendő, vagy feloldandó. A szabályozott működésmód azonban

- lassú
- szekvenciális
- erőfeszítést kíván
- erősen függ a rendelkezésre álló kapacitástól.

Valójában minden feladat automatikus és szabályozott folyamatok együttes, összehangolt működését jelenti. A kapacitás korlátozottság, az a döntő tényező, mely a figyelmi, vagy általánosságban a szabályozott folyamatok működésbe lépését szükségessé teszi, az interferencia, avagy a teljesítmény bármilyen értelemben vet csökkenése, pedig az az empirikus támpont, mely alapján a folyamatok elkülöníthetők.

Az automatikus és kontrollált folyamatok megkülönböztetése plauzibilis, és, mint fentebb utaltam rá történetileg 'beágya-

zott' felvetés, ugyanakkor az automatikusság meghatározása, pontosabban hogy milyen feltételek mellett és főképpen mi által éri el egy folyamat az automatikusság szintjét módszertanilag nehezen megragadható. Az interferencia kritérium („minimális interferencia keresése” Broadbent, 1982, 173. o.) nem teszi lehetővé az automatikus és szabályozott folyamatok pontos elkülönítését. Az automatikus és kontrollált működések dichotóm kategóriák helyett egy kontinuum két végpontjaként is értelmezhetők, ahol az automatizmus különféle hatótényezők közreműködésében fokozatokban jelenik meg. Példaként említhető a vizuális szelekció interferencia csökkentő hatása olyan helyzetekben, ahol kontrollált feldolgozás valószínűsíthető (lásd, pl. 'térileg' módosított Stroop feladat, Kahnemann és Chajczik, 1983, bemutatja Czigler, 2001). Továbbá az automatizáció olyan felülről lefelé ható, 'magasszintű' folyamatokat is takarhat, mint pl. az újrasztrukturalás (Cheng, 1985), tudásbázis bővülés (Logan, 1988; Logan és mtsai., 1999), melyek a feltételezett, az S-R kapcsolat erősödésén alapuló folyamattól (gyakorlás) alapvetően eltérőek, és ebből kifolyólag a kérdés jellegén változtatnak (automatikus szemben figyelmi helyett automatikus szemben emlékezeti) (mindezekről lásd, Eysenck és Keane, 1997).

Egyfajta huszárvágásszerű megoldást jelent a vitában Norman és Shallice (1986) ATA [Attention to Action] modellje, mely a kérdés súlypontját az automatikus - kontrollált folyamatok megkülönböztethetőségéről a kontroll jellegének kérdésére tolja át. Elképzelésük szerint a viselkedés rutinszerűen lefutó *akció-sémák*, mint túltanult perceptuo-motoros és kognitív készségek nem tudatos, automatikus működésével írható le. Az akció-sémák konfliktusa, tehát interferencia esetén a rendszer összeomlását elkerülendő szabályozás szükségeltetik, mely két úton valósulhat meg. A *versengési tervek* viszonylag automatikus, gyors és nem tudatosuló szabályozást biztosítanak, a feladat prioritások és a környezeti feltételek figyelembevételével minden felülről lefelé ható kontroll nélkül. Főképpen újszerű, vagy komplex feladat helyzetekben a rugalmas és sikeres alkalmazkodás érdekében az *ellenőrző-figyelmi rendszer* [SAS - supervisory activating system] fölülről lefelé érvényesülő, aktív, lassú de tudatos(uló) kontrolláló illetve szabályozó működése jut szerephez.

Az automatikus és kontrollált folyamatok elkülöníthetőségével, illetve összefüggésükkel kapcsolatos kérdés máig nem lezárt (lásd, pl. Logan és mtsai., 1999). Magával a kontroll 'természetével' összefüggő álláspontok sem tekinthetők véglegesnek. Alternatív lehetőségként felvetődött, hogy a szándékolt, kontroll funkciónak tekintett folyamatok valójában nem önálló, elemi

mentális funkciót takarnak, hanem egyfajta származékos [emergent] sajátsága a feldolgozás folyamata (S-R transláció) együttesének, mely automatikusnak és szándékoltnak (például, korlátozott kapacitású, intencionális, céltartó figyelem és 'szókásszerű', kondicionált inger-válasz kapcsolat) tekinthető folyamatok versengéséből, interakciójából ered (Hommel és mtsai, 2002; Hommel, 2000). Ez az értelmezési lehetőség a végrehajtói működések kontextusában is felmerül, melyre a későbbiekben a részleteket is érintve visszatérünk.

Az automatikus folyamatoktól megkülönböztetett kontrollált, vagy szabályozott és jórészt a figyelemhez kapcsolt folyamatoknak, illetve magának a megkülönböztetésnek az emlékezet kutatás számára is relevanciája van. A figyelem és emlékezés elméletei nem választhatók el mereven egymástól. A figyelmi jelenségek magyarázata óhatatlanul előfeltevésekkel él az emlékezettel kapcsolatosan és megfordítva, az emlékezet magyarázata az észlelési és figyelmi jelenségek értelmezése is egyúttal. Az Atkinson és Shiffrin nevéhez kötött, úgynevezett *modális* modell (Atkinson és Shiffrin, 1968), mely az emlékezet Baddeley munkamemória elméletét megelőző paradigmájaként (kuhni értelemben) tekinthető számára is alapvető jelentőségű, az automatikus-figyelmi megkülönböztetés<sup>7</sup>.

A modell az információáramlás folyamatában a feldolgozás fázisait működési és szerkezeti sajátosságok alapján jól körülhatárolható egységekhez (tárakhoz) köti (STS, LTS), melyek működése az automatikus-kontrollált megkülönböztetés alapján értelmezhető. Az automatizmus a szenzoros tár, a szabályozás a rövid idejű tár, illetve a rövid idejű és a hosszú idejű tár kommunikációjának működési sajátossága. Az automatikusan feldolgozott *szenzoros* információ minden további feldolgozás alapja és kiinduló pontja. Az információ további feldolgozása az STS *rövid idejű munkaemlékezetében* történik meg szabályozó folyamatok révén. Az információt (az STS-ben) lokalizáló (kódolás, letapogatás), illetve fenntartó (újrajátszás), továbbá az információt a *hosszú idejű tárba* (LTS) juttató, illetve onnan visszakereső folyamatok a döntések alapjául szolgáló és azokat vezérlő folyamatokkal együtt alkotják az STS kontrollfolyamatait. A hosszú távú

---

<sup>7</sup> Történetileg Atkinson és Shiffrin emlékezet elmélete megelőzi Shiffrin és Schneider automatizmus elméletét, sőt Shiffrin és Schneider (1977, 1984) az elméletek függetlenségét állítja. Visszatekintve azonban az elméletek összetartozása, egybevágása valószínűsíthető. A modell ismertetése forrás hiányában Shiffrin és Geisler (1973) tanulmánya alapján készült.

emlékezés lényegében azon múlik, hogy az információ mennyi ideig tartózkodott a rövid idejű tárban, ami tehát szabályozó folyamatok működésének függvénye.

Az emlékezet többszörös-tár elméleteinek két különböző, mégis egymással összefüggő, előfeltevés jellegű mozzanatát kell kiemelni, melyeknek nagy jelentősége volt abban, hogy az elgondolás háttérbe szorult, amellet, hogy a modell nem állta ki néhány döntő jelentőségű falszifikációs kísérlet próbáját (az empirikus ellenérvekről Baddeley, 2001). Az egyik a kognitív folyamatok, fentebb már érintett 'tipológiájával', a másik a kapacitás korlátozottságára vonatkozó feltételezéssel kapcsolatos.

A kapacitással kapcsolatos álláspont tekinthető úgy, mint a klasszikus kognitív szemlélet egyik alapvető előfeltevése. Eszerint az emberi, információfeldolgozásként értett megismerési folyamat egy lineáris sor, melyen az információ újabb és újabb, a jelek, szimbólumok átalakítást meghatározó szabályok szerinti átkódolásokon megy keresztül, azaz a 'külvilág' mintegy átfordítódik az elme nyelvére. A feldolgozásnak azonban gátat szab a feldolgozásra fordítható erőforrások korlátossága. A kapacitás korlát ebben a szemléletben egy központi feldolgozó, egy centrális processzor működési korlátját jelenti (Allport, 1993; Pléh, 1997).

Egy klasszikus szemléletű általános, egységes (korlátozott) kapacitás elmélet (Kahneman, 1973) (figyelem, mint mentális erőforrás), hasonlóan a korábban kifejtett általános intelligencia, vagy *g faktor* elméletéhez (intelligencia, mint mentális erőforrás) a maga teljességében igazándiból, a hipotézisek - cáfolatok - hipotézisek dialektikus 'játékában' fejlődő tudomány játékterében nem igazolható és éppígy nem is cáfolható. Nehezen határozhatók meg ugyanis, olyan empirikus feltételek, melyek kielégítése, teljesülése az elmélet egészének helytállósága melletti bizonyítékként értékelhető. Sokkal inkább egy adott empirikus probléma magyarázata, értelmezése számára - sajátos inercia-rendszerként - nyújthat értelmezési keretet. Példaként említhető a figyelemkutatás területén az ún. „üvegnyak” elméletek és erőfeszítés elméletek szembenállása például a figyelmi szelekció, illetve a figyelem megosztás magyarázatában (Kahneman, 1973 alapján lásd Czigler, 1994), de a kapacitás kérdése alapvető jelentőségű az éberség és figyelem, illetve az aktiváció-teljesítmény összefüggésével kapcsolatban is (lásd Czigler, 2001). Az emlékezet kutatás területén a kapacitás-probléma a rövid távú emlékezet egységes, közös emlékezeti erőforrás alapján tekintett egységessége kérdésében ragadható meg.

Ezekben az esetekben is alternatív kérdésként felvethető, hogy egy általános, egységes erőforrás feltételezésével szemben nem volna-e takarékosabb, gazdaságosabb egy moduláris szemlélet az egyes modulokra 'kiosztott' saját feldolgozói potenciál feltételezésével.

A munkamemória elmélet mind az emlékezeti rendszer korlátozott kapacitására, mind pedig az ellenőrző, kontrolláló folyamatok értelmezésére irányuló kérdéseket új megvilágításba helyezi.

### 3.2. A MUNKAMEMÓRIA ELMÉLETE

A munkamemóriának több különböző felfogásmódja, megközelítése és értelmezése létezik (Cowan, 2003; Miyake és Shah, 1999). Mindenekelőtt és legelsősorban említendő a *kísérleti, kognitív pszichológiai* megközelítés. A pszichológiai megközelítés (a jelenségek pszichológiai szinten történő megragadása, pszichológiai fogalmakkal történő leírása, laboratóriumi-kísérleti vizsgálata) minden problematikusságával együtt az elméletalkotás kitüntetett terepe és egyúttal minden további (pszichometrikus, idegtudományi, neuropszichológiai) elemzés referenciapontja, mint ahogyan ez Baddeley paradigmikus modelljének példáján is látható. A munkamemória pszichológiai megközelítése primátusának különös jelentőséget ad, hogy a munkamemória elmélete a szabályozás és a kontroll folyamatainak integrálásával, illetve ezeknek egyfelől a figyelemhez, másfelől a tudathoz, tudatosság-hoz kapcsolásával ahhoz a pszichológiai hagyományhoz (lásd fentebb) csatlakozik, mely a figyelem, az akarat kérdéseinek tanulmányozását alapvető jelentőségűnek tekinti a pszichológia tudománya számára. (Ennek a csupán látszólag történeti mozzanatnak nem kis jelentősége van, véleményem szerint a kontroll kérdésével kapcsolatosan minduntalan felmerülő homunculus problémában.) Másképpen fogalmazva, egy pszichológiai elmélet 'igazsága', mondhatni ökológiai validitása nem csak a predikciók pl. neurológiai igazolásán áll vagy bukik (lásd lentebb), hanem az élményszerű, azaz fenomenális viszonylatain is.

A munkamemória *pszichometrikus* megközelítése (pl. Engle és mtsai, 1999; Oberauer és mtsai, 2000) olyan (statisztikai) elemző eljárások alkalmazását jelenti, melyek nem tartoznak a hagyományos kísérleti pszichológia eszköztárába, sokkal inkább szociál-tudományok [social sciences] területén használatosak. Az összefoglaló néven *látens változó elemzésnek* nevezett eljárások különféle statisztikai modelljei tartoznak ebbe a körbe, mint pél-

dául a faktoranalízis feltáró [exploratory] és ellenőrző [confirmatory] változatai, vagy az ún. Szerkezeti Egyenlet Modell [structural equation model] (Bollen, 2002). A különféle kísérleti, vizsgálati eszközök eredményeiben mutatkozó, az egyéni különbségekből származó variabilitás elemzése alapján a mérőeljárások validálását, ezen keresztül az általuk (feltételezetten) megragadott és tesztelt pszichés mechanizmusok pontosabb körülhatárolását teszi lehetővé, mintegy a kísérleti megközelítés segédtudományaként. Másfelől, empirikus alapon teszi lehetővé a különböző pszichológiai konstrukciók (pl. intelligencia és munkamemória) összekapcsolását.

Az agy-számítógép analógia ihletében kifejlesztett különféle komputációs, szimulációs modellek formájában lehetőséget próbálnak találni az információ feldolgozási folyamat egészének, illetve lehatároltabb, specializált kognitív folyamatok modellezésére (Pléh, 1998). A munkamemória *szimulációs*nak vagy *komputációs*nak nevezhető megközelítéseiben különféle *produkciós modellek* (EPIC - Meyer és Kieras, 1997, SOAR - Young és Lewis, 1999) keretében a szimbólum-feldolgozásként, szimbólummanipulációként értelmezett megismerő folyamatokat algoritmizálással, azaz műveleti (logikai) szabályok (produkciós szabályok) általi leírással modellezik. *Konnekcionista* vagy inkább *hibrid rendszerek* (produkciós és konnekcionista) (ACT-R - Lovett és mtsai, 1999, CC READER - Just és Carpenter, 1992, CAP2 - Schneider, 1999) keretében a hálózatok csomópontjai között terjedő aktivációs mintázatokkal magát a tárolás és feldolgozás folyamatának neurális mechanizmusát próbálják szimulálni. A szimulációs megközelítés nemcsak egy modell helytállóságának (elméleti) igazolására alkalmas, hanem az elmélet szempontjából kevésbé érdekes egyéni különbségek kérdésének megválaszolásra is (lásd, pl. Carpenter és mtsai, 1990). Ugyanakkor a pszichológiai elmélettől való viszonylagos függetlenség okán alternatív elméletek megalkotására is alkalmas.

A munkamemória *idegtudományi* megközelítésében (áttekintésül Négyessy, 2003) alapvetően az emlékezeti, figyelmi folyamatok anatómiai, neurológiai alapjai állnak az érdeklődés homlokterében. Modern, kifinomult képalkotó eljárások (PET, MRI, fMRI, EROS) és hagyományos pszichofiziológiai (eseményhez kötött potenciál) vizsgálóeljárások (lásd mindezekről Czigler, 2003) teszik lehetővé (elvileg) a munkamemória rendszer összetevőinek agyi lokalizációját, az egyes alrendszereknek tulajdonított folyamatok beazonosítását, elkülönítését. A pszichológiai szinten leírt történések neurális folyamatainak tanulmányozása mintegy a pszichológiai elméletek lehorgonyozását biztosítja.

Ebbe a körbe sorolható a munkamemória *neuropszichológiai* megközelítése, azaz a központi idegrendszer különféle sérülések, vagy betegségek következtében kialakult strukturális és funkcionális elváltozásainak és kognitív szinten megragadható hatásainak vizsgálata. Az idegtudományi és neuropszichológiai megközelítés kiindulópontja szükségképpen a munkamemória kognitív pszichológiai elmélete, illetve egy, ebből az elméletből 'levezetett' modell. Ilyen értelemben nagy jelentősége van a pszichológiai modell igazolásában és a pszichometrikus megközelítéshez hasonlóan a kognitív pszichológia segédtudományaként lehet tekinteni.

A munkamemória, lényegében a módszertanok eltéréseiben megragadható különféle szemléletmódjai nem függetleníthetők egymástól. A szemléletmódok viszonylata felfogható a munkamemória folyamatainak, jelenségeinek egymástól különböző, de egymásra referáló elemzési szintjeiként. Marr (1982, idézi Pléh, 1998, Csibra, 1997) *háromszintű modell*álását tekintetbe véve, azt mondhatjuk, hogy a munkamemória pszichometrikus eszközökkel 'tisztázott' kognitív pszichológiai modellje a rövid idejű emlékezeti jelenségek *komputációs elemzését* szolgáltatja, meghatározva részleteiben 'munkaemlékezés', mint komputáció célját, folyamatát. Például egy szólista artikulációs elnyomás melletti tanult szavainak visszamondását fogalmilag, egy modellhez kötötten elemzi. *Algoritmikus szinten* a reprezentációk formáját, a műveletek sorozatát számítási algoritmusok formájában nyújthatja a fentebb szimulációsnak nevezett modellek bármelyike<sup>8</sup>. Végezetül a neuropszichológiai, idegtudományi megközelítés, mint az elemzés *implementációs szintje* arról a fizikai rendszerről - jelen esetben az idegrendszer meghatározott részeiről - nyújthat leírást, melyben, pl. a szólista elemeinek felidézése, mint egy meghatározott algoritmust követő komputáció végbement.

A munkamemória egészére és az egyes 'részletkérdésekre', mint például a kontroll kérdésére vonatkozóan is különféle alternatív modellek fogalmazódtak meg (lásd Miyake és Shah szerkesztette kötetet 1999). A különböző szerzők által konszenzus-szerűen osztott 'alaptételek' segítségével Kintsch és mtsai (1999),

---

<sup>8</sup> A konnekcionista értelmezési keret valójában a hagyományos 'szimbolikus' kognitív szemlélet alternatívája, a munkamemória egy tisztán konnekcionista modellje a marr-i felosztásba nem lenne beilleszthető (A kognitív és konnekcionista szemlélet különbségeiről és vitáiról lásd az idézett szerzőknél).

Shah és Miyake (1999) és Miyake és Shah (1999) nyomán a munkamemória elmélete a következőképpen körvonalazható:

- A munkamemória nem egy az agy meghatározott részéhez köthető tár, 'doboz', sokkal inkább a párhuzamosan zajló (szimultán) tárolási és feldolgozási műveletek során aktiválódó és egymással kapcsolatba, érintkezésbe lépő területek által képezett 'virtuális' munkaterület.
- A kontroll és a szabályozás folyamatai egyaránt a munkamemória 'saját' műveleteiként a 'szokásos' emlékezeti funkciók (tárolás, előhívás) közé, mellé sorolódnak. Ebből a szempontból a munkamemória nem a hagyományos értelemben vett emlékezet, mint ahogyan ez tükröződik is a munkaemlékezet-munkafigyelem [working attention] inkább csak szójátékszerűen, de mégis a lényegét kifejezően szembe állított kifejezéseinek használatában (Baddeley és Logie, 1999). A munkamemória, illetve a WM kontrolláló és szabályozó funkciója és a figyelem viszonyának központi jelentőségű kérdésére a későbbiekben még visszatérünk.
- A(z) észlelő-feldolgozó rendszer szempontjából tekintett külvilág különféle modalitások szerint rendeződő tulajdonságai minden valószínűség szerint az elsődleges feldolgozókon (a percepció szintjén) túlmenően a figyelmi-emlékezeti rendszer specializálódását is maga után vonja. A munkamemória nem-egységes mivolta, azaz modularista felfogása, ha különböző hangsúllyal is, többnyire elfogadott elképzelés<sup>9</sup>, jóllehet az olyan kérdések tekintetében, mint például a kódok, reprezentációk száma, a modalitás/terület-specifikus jelenségek forrása (pl. specifikus alrendszerek; eltérő készségek, tudásbázisok), a modalitások megkülönböztetésének módja (pl. az információ modalitásai; az alkalmazott kódok; az érintett agyterületek; a tudástípusok; a felhasználási területek alapján) jelentősen különböznek a munkamemória modelljei.
- A munkamemória nem-egységes, azaz moduláris felfogásból tulajdonképpen szükségszerűen következik, hogy a kognitív rendszer (élményszinten) nyilvánvaló feldolgozási korlátozottsága nem egy általános, közös erőforrásbeli kor-

---

<sup>9</sup> A (Baddeley-féle) többkomponensű munkamemória elgondolással szemben a Just és Carpenter (1992) nevéhez köthető *kapacitáselmélet* a párhuzamosan zajló tárolási és feldolgozási folyamatokat hangsúlyozva a munkamemória konnekcionista/hibrid modelljeként e tekintetben kivételnek számít.

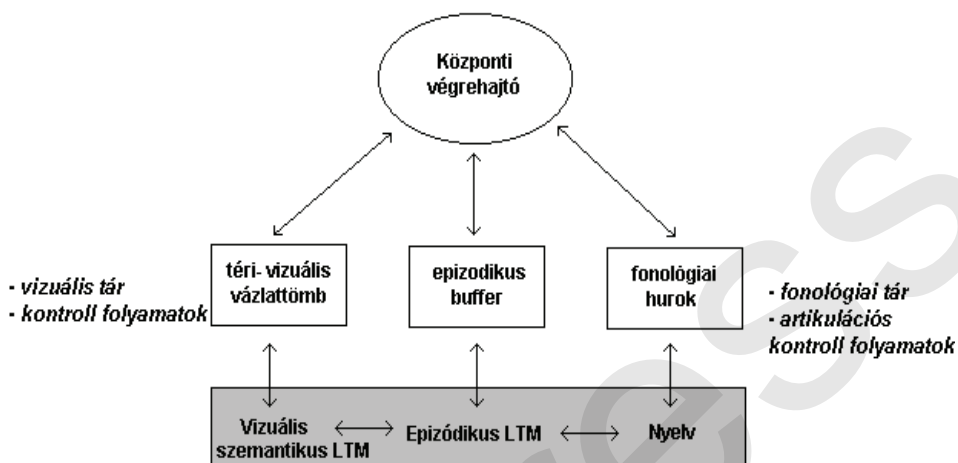
látozottság következménye. A feladatok nehézségüktől (az alkalmazott ingerek modalitásától, a feladatok komplexitástól, újdonságtól) függően eltérően terhelhetik az egyes kapacitás korlátos faktorokat (e tényezők számát és mibenlétét, egymáshoz való viszonyukat illetően eltérnek az egyes modellek), ebből következően egy-egy faktor saját kapacitáskorlátjánál fogva különbözőképpen határozhatja meg a teljesítmény alakulását a feladatokban. Ezenkívül, például a kor, az intelligencia viszonylatában kimutatható egyéni (teljesítménybeli) különbségek, melyek a munkamemória kapacitásával kapcsolatba hozhatóak, a munkamemória rendszer különböző kapacitás meghatározó faktorainak hatásait tükrözhetik.

- Végezetül, a munkamemória nem választható le a hosszú távú emlékezeti jelenségekről számot adni hívatott memóriarendszerről, a hosszú távú emlékezet kisebb, vagy nagyobb mértékben de meghatározza a munkamemória feladatokban mutatott teljesítményt.

A munkamemória Baddeley és Hitch (1974) nevéhez köthető elmélete Baddeley és munkatársai, illetve Baddeley elképzeléseit referenciának tekintő kutatók révén lett a kognitív pszichológia centrális kutatási témája, háttérbe szorítva korábban nagyhatású, népszerű emlékezeti koncepciókat, mint pl. Atkinson és Shiffrin modális modelljét, vagy Craick és Lockhart feldolgozási szintek elméletét (áttekintésül, Baddeley, 2001). Tekintettel az e témában megjelenő vizsgálatok nagy számára és a kutatások széles spektrumára a munkamemória elmélete a rövid idejű, aktuális feldolgozási folyamatokhoz kötődő, ugyanakkor a hosszú idejű emlékezéssel is szoros kapcsolatban álló emlékezeti és figyelmi jelenségek integrált, egységes értelmezési keretként a megismérlő folyamatok (legújabbkori) pszichológiája erjesztő, termékenyítő elgondolásának bizonyult.

'Definíciószerűen' a munkamemória „a közvetlen környezet mentális reprezentációját, a közelmúlt tapasztalataival kapcsolatos információk megtartását, új ismeretek elsajátítását, problémák megoldását, célok meghatározását, összekapcsolását, végrehajtását lehetővé tevő” több, specializált/specifikus komponensből álló, korlátozott kapacitású rendszer (Baddeley és Logie, 1999, 28. o). Más megfogalmazásban a munkamemória az észlelési, a figyelmi, az emlékezeti és a cselekvési folyamatok közös érintkezési felületének (interface) tekinthető (Baddeley, 1996). Illusztrációképpen a 1. ábra mutatja a Baddeley-féle elképzelés legújabb verzióját. Az 1. ábra a munkamemória vázlatos modelljét

szemlélteti Baddeley (1996) alapján. A sötétített rész a kristályos, a 'fehér' a fluid képességeknek tekinthető egységek. (A kurzivált kiegészítés tőlem K.Z).



1. ábra Baddley többkomponensű modellje (pl. Baddeley és Logie, 1999; Baddeley, 2001) szerint a rövid idejű emlékezeti jelenségekért egy olyan összetett rendszer a felelős, melyben egy központi kontrolláló irányítása alatt a külvilágból származó információ különféle modalitásai szerint specializálódott periférikus feldolgozó alrendszerek, háttér, vagy kisegítő táruk működnek.

Az akusztikus modalitású ingerek, pontosabban a beszéd-szerű információk a munkamemória verbális komponense, a *fonológiai hurok* működési sajátosságai szerint volnának feldolgozva. Az olyan kísérleti effektusok, mint a *fonológiai hasonlósági hatás*, az *irreleváns beszéd hatás*, a *szóhosszúsági hatás* illetve az *artikulációs elnyomási hatás* azt mutatják, hogy a fonológiai hurok önmagában is összetett rendszer. Az információ rövid idejű (1,5-2 másodperc) megtartását fonológiai emléknym vagy kód formájában az úgynevezett *fonológiai tár* („belső fül”), illetve hosszabb távon - az emléknym elhalványulását megakadályozandó - az *artikulációs kontroll folyamatok*, avagy a („belső hang”) (ismételtetés) biztosítják (lásd Baddeley, 2001). Ez utóbbi komponens vesz részt a vizuális információ fonológiai kóddá alakításában is. A fonológiai tár működése a beszédpercepció, az artikulációs kontroll pedig a beszédprodukcó folyamataival hozható kapcsolatba, ennél fogva a verbális munkamemória alapvető jelentőségű a beszéd-észlelésben, -produkcóban, azaz tulajdonképpen a nyelv elsajátításában és használatában, az olvasásban illetve a

nyelvi rendszerrel való kapcsolata révén a hosszú távú tanulásban.

A vizuális, téri - és esetleg kinesztétikus - információk megtartásáért és manipulálásáért egy önálló komponens, az úgynevezett *téri-vizuális vázlattömb* a felelős. A fonológiai hurokhoz hasonlóan valószínűleg ez esetben is egy összetett alrendszerrel van szó. A vizuális szubkomponens az információ/inger vizuális (pl. alak, méret, szín stb.) vonatkozásaival hozható kapcsolatba (ennél fogva a vizuális percepcióban közreműködő folyamatokkal 'rokonítható'), míg a téri szubkomponens az inger pozíciójával, irányával, tehát általában a téri viszonylatokkal kapcsolatos. Ugyanakkor a verbális munkamemóriához hasonlóan, a téri-vizuális komponensen belül is megkülönböztethetőnek tűnik egy passzív, tároló és egy dinamikus, frissítő vagy kontrolláló működésmód. Logie (1995, idézi Baddeley és Logie, 1999) elképzelése szerint a vizuális szubkomponens, mint *vizuális tár* [visual cache] - a „belső fül” analógiájára „belső szem” - a vizuális mintázatok fenntartásáért, a téri szubkomponens, mint *belső vonalazás* [inner scribe] az emléknymok frissítéséért felelős.

Újabb fejleménynek tekinthető, hogy a munkamemória modell kibővült egy újabb, részleteiben még nem kidolgozott komponenssel. Az úgynevezett *epizódikus buffer* az információk összekapcsolása révén a külvilág sajátosságaihoz illeszkedő és újszerű kognitív reprezentációk kialakítását teszi lehetővé, biztosítja egységes, ugyanakkor multimodális epizódikus kódok formájában. E komponens feltételezésével egy újabb út nyílik meg elméletileg az emlékezeti-figyelmi folyamatok és a tudatosság kérdésének összekapcsolása felé.

Mintegy az egész munkamemória 'lelkeként' egy modalitás független, *központi végrehajtónak* nevezett komponens a felelős az emlékezeti rendszer működésének kontrollálásáért, szabályozásáért.

### 3.2.1. KÖZPONTI VÉGREHAJTÓ

A kontroll és a szabályozás kérdésének kulcsjelentősége van a munkamemória elméletében. Az emlékezeti rendszer (különösképpen rövidtávon) korlátozott teljesítőképességének ténye szükségszerűen veti föl a hatékony 'viselkedés' lehetőségfeltételeit biztosító szabályozási, ellenőrzési folyamatokra irányuló kérdést, általánosságban a kontroll működések jobb megértésének szükségességét. Baddeley és Hitch (1974, idézi Baddeley, 1981) munkamemória modelljükben egy önálló, működése során

az információ modalitására 'érzéketlen' kontrolláló rendszer létezését feltételezték, melyet *központi végrehajtónak* [central executive] neveztek el. A központi végrehajtó kezdetektől kulcs jelentőségű a munkamemória modelljében annak ellenére, hogy az utóbbi időkig a munkamemória legkevésbé vizsgált, legkevésbé ismert komponensének számított. Eredeti elképzelésük szerint a korlátozott feldolgozási kapacitással rendelkező központi végrehajtó, a rendelkezésre álló erőforrások szükségleteknek megfelelő elosztásáért felelős a tárolási és feldolgozási folyamatok, valamint az alrendszerek között. Ezen túlmenően, a rendszer túlterheltségének megszüntetése érdekében további tároló kapacitással is rendelkezik. A későbbiekben Baddeley a központi végrehajtó működését a fentebb ismertetett, Norman és Shallice nevéhez kötött ATA modell ellenőrző-figyelmi rendszerének (SAS) működéséhez hasonlította (Baddeley, 1986 idézi, pl. Baddeley, 2001). A központi végrehajtó, tehát úgy működne, mint a figyelmi rendszer, amennyiben szükséges a sémák versengésén alapuló viselkedést a prioritások átrendezésével, újraszűlyözésével az ellenőrző rendszer mintegy felül írja. Továbbá a központi végrehajtónak már nem tulajdonítanak kiegészítő tárolói kapacitást, a kiegészítő alrendszerek túlterheltsége esetén, pl. a hosszú távú memória, vagy egyéb alrendszerek nyújthatnak kiegészítő tárolói kapacitást (Baddeley, és Logie, 1999). Mindazonáltal a központi végrehajtó működésének részletei továbbra sem tisztázottak legalábbis a például a verbális munkamemória működésmódjának kidolgozottságához mérten.

Úgymond viselkedéses szinten szabályozó, kontrolláló folyamatok szükségeltetnek a következőképpen leírható helyzetekben:

- tervezést és döntést igénylő feladathelyzetekben,
- a hibák felismeréséhez és kijavításához,
- azokban a helyzetekben, ahol teljesen új, vagy nem túlta-  
nult viselkedést kell produkálni,
- veszélyes, vagy a kivitelezés szempontjából nehéz helyzet-  
ekben,
- olyan helyzetekben, ahol a már kialakult szokások ellené-  
ben kell cselekedni (Normann és Shallice, 1980 nyomán  
Burgess, 1997, erről magyarul Racsmány, 2003).

A központi végrehajtó működésének tanulmányozására számos vizsgáló eljárást dolgoztak ki, mintegy a fenti viselkedéses helyzetek laboratóriumi szimulációjaképpen. A leggyakrabban olyan komplex munkamemória vagy végrehajtói feladatokat

használnak, melyek tervezést, stratégia használatot, pl. a *London* vagy *Hanoi torony* feladat (Humes és mtsai., 1997), vagy a feladat szempontjából fontos szempontok rugalmas váltását, pl. a *Wisconsin kártyacsoportosítás teszt* (Berg, 1948) igényelik. A feladatvégzés folyamatos monitorozását, ellenőrzését kívánják a random, véletlenszerű válaszprodukción kérő eljárások, avagy *fluencia feladatok* verbális (random betű, random szám generálás), vagy nem verbális (random billentyűnyomás, figurális csoportosítás, random időintervallum előállítás) változatai (mind ezekről Baddeley és mtsai., 1998, Philips, 1997, Vandierendonck és mtsai, 1998). A feladat végzés folyamatainak összehangolását, koordinációját, ezáltal a központi végrehajtó terhelését jelenti a munkamemória kutatásának egyik alapvető paradigmája az úgynevezett *kettős feladat helyzet*, amennyiben a két párhuzamosan végzett feladat a két periféria működését és összehangolását kívánja (Baddeley és mtsai., 1997). A központi végrehajtó terhelését jelenti, ennél fogva annak tesztelésére alkalmas lehet egy emlékezeti feladat, amennyiben bonyolultsága fokozatosan nő, mint, az úgynevezett *n-vissza feladat* esetében, vagy a *betű emlékezet* vagy *emlékezeti frissítés* (Morris és Jones, 1990) eljárásban. Hasonlóképpen a végrehajtó rendszer működési sajátosságai vizsgálhatók az emlékezeti gátlás jelenségének tanulmányozására kifejlesztett *irányított felejtés*, *gondolatlenyomás* és *előhívás kiváltotta gátlás* nevezetű eljárások alkalmazásával (áttekintésül, Racsmány és Szendi, 2001). Gyakran használt és a központi végrehajtót is igénybe vevő eljárások azok a komplex, terjedelemvizsgáló tesztek, melyek a munkamemória kapacitását, terjedelmét hívatottak mérni, mint, pl. az úgynevezett *olvasási terjedelem teszt* (Daneman és Carpenter, 1980), a *műveleti [operation] terjedelem teszt* (Turner és Engle, 1989) és a *számolási [computation] terjedelem teszt* (Case és mtsai, 1982), de, például a Wechsler-féle intelligencia tesztből ismert *fordított számterjedelem teszt* is a központi végrehajtó működési sajátosságait tükrözi. A munkamemória, illetve a végrehajtói működés neuropszichológiai tanulmányozására olyan komputerizált feladatcsomagot tartalmazó eljárásokat dolgoztak ki, melyek a válaszok sajátosságainak (reakcióidő, hibaarány) árnyalt elemzését biztosítják, mint amilyen a Cambridge Neuropsychological Test Automated Battery (CANTAB) (Robbins és mtsai., 1997)

A központi végrehajtó működése hatékonyságának tesztelésére sok esetben olyan vizsgálóeljárásokat használnak, melyek elsősorban nem a munkamemória, hanem jobbra a figyelem kutatás területén – habár, a munkamemória rendszer, vagy a központi végrehajtó működésére vonatkoztatottan – használatosak.

Idetartoznak az úgynevezett *Stroop feladat* különféle verziói (Stroop, 1935), az úgynevezett *antiszakkád feladat* (pl. Robers és mtsai, 1994), a *stop szignál feladat* (Logan, 1994). De ebbe a körbe tartoznak az úgynevezett *feladat-váltás* [switching, shifting] paradigma különféle verziói, mint, pl. összeadás-kivonás (Jersild, 1927), a lokális-globális, avagy Navon feladat (Navon, 1977), a betű-szám feladat (Rogers és Monsell, 1995), az érték-mennyiség feladat (Kramer és mtsai., 1999), vagy a nyíl-irány feladat (Meiran, 1996). Az ezekben a vizsgálóeljárásokban megragadott folyamatok elsősorban a figyelmi működés szelektív és flexibilis aspektusaival állnak kapcsolatban, és azáltal, hogy valamely, a feladat során, automatikusan, vagy a feladat instrukciónak megfelelően aktiválódó válasz tendencia gátlását majd újraaktiválását vizsgálják, illetőleg a gátló és aktiváló működés váltakozását, a figyelmi ellenőrző rendszer működésének hatékonysága jellemezhető.

Alapvető problémának tekinthető a központi végrehajtó fentebb, a teljesség igénye nélkül felsorolt mérőeljárásaival kapcsolatban, hogy az 'eredmények' valójában milyen mértékben szennyezettek például a perifériák működése által, illetve mennyiben mérik magának a központi végrehajtónak a működését. Valójában a mérőeljárások nem tekinthetők úgy, mint a központi végrehajtó működésének tiszta mérőeszközei. Az eljárások nagy része komplex abban az értelemben, hogy az emlékezeti, figyelmi rendszer több komponense, összetevője is érintve van a feladatmegoldás során, többé-kevésbé meghatározva a teljesítmény alakulását. Továbbá, gyakori empirikus megfigyelés a munkamemória és a végrehajtói rendszer egyéni különbségeinek (különféle felnőtt, gyerek, egészséges és patológiás személyek mintáin) tanulmányozásakor, hogy a különféle, végrehajtó működést tesztelő feladatok eredményeiben nincs kimutatható mértékű együtt járás. Példaként említhető Lehto (1996) vizsgálata, melyben Wisconsin kártya feladat, Hanoi torony feladat és egy téri tanulási feladat eredményeiben gyakorlatilag semmilyen korrelációt nem tudott kimutatni, és STM tesztek (számterjedelem, szóterjedelem stb.) és komplex terjedelem tesztek (olvasási és műveleti terjedelem, fordított számterjedelem stb.) eredményeivel is csupán a kártyacsoportosítási feladat eredményei korreláltak.

Ezek a problémák a központi végrehajtó tanulmányozásának egyik legalapvetőbb kérdésével hozhatók kapcsolatba, nevezetesen, hogy a központi végrehajtónak tulajdonított kontrolláló, szabályozó működés milyen funkciókat takar. Más megfogalmazásban, a kontrolláló és szabályozó működés kielégítő és adekvát értelmezése egy egységes kontrolláló struktúra, mint amilyen a

központi végrehajtó, vagy inkább néhány különböző, független mechanizmus, azaz önálló *végrehajtói funkciók* feltételezésével, tehát a központi végrehajtó felbontásával biztosítható-e. Az első lehetőség, tehát egy strukturálisan elkülöníthető, működésében egységes kontrolláló egység feltevése szükségképpen 'hozza magával' a homunculus problémaként ismert nehézségeket. A központi végrehajtó felbontása, vagy ahogyan gyakran metaforikusan említik frakcionálása, egyfajta megoldást kínál a homunculus problémára, ugyanakkor további kérdéseket vet fel. Mely funkciók tekinthetők alapvetőnek a kontroll szempontjából? Milyen viszony van az egyes funkciók között? Alapvetően különböző funkciókról, vagy bizonyos vonatkozásaikban közös mechanizmusokról van szó? A funkciók egyenértékűek-e, vagy egy sajátos hierarchikus viszony a meghatározó? További kérdés, hogy az egyes eljárások milyen mértékben vannak egymással átfedésben, abban az értelemben, hogy a kontrolláló, ellenőrző folyamatok egy-egy aspektusát együttesen, vagy egymástól függetlenül ragadják-e meg. (mindezekről Baddeley és Logie, 1999, Kintsch és mtsai, 1999, Miyake és Shah, 1999)

Baddeley (Baddeley, 1996a, 1996b, Baddeley és Logie, 1999) szerint, kísérleti és neuropszichológiai vizsgálatok eredményei alapján az alrendszer működésének összehangolása, *koordinációja* mellett a *figyelem fókuszálása*, a *figyelem váltása* valamint a *hosszú távú emlényomok aktiválása*, *frissítése* viszonylag önálló, körülhatárolható végrehajtói mechanizmusnak tűnik. E feltevés ellenőrzésére illetve általában, az egyes végrehajtói funkciók mibenlétére, egymáshoz való viszonyukra irányuló kérdések megválaszolására olyan komplex elemzések adnak lehetőséget, melyek a különféle vizsgálóeljárások eredményeiben megfigyelhető együttjárások alapján az adatsruktúra belső viszonyaira nézve állítanak fel tesztelhető hipotéziseket. Ilyen vizsgálatok a munkamemória pszichometrikus megközelítésének bemutatásakor említett látens változó elemzések keretében valósíthatók meg.

Miyake és munkatársai (2000) látens változó elemzése megerősíteni látszik a feltételezést, miszerint a központi végrehajtó nem, vagy csak bizonyos mértékben tekinthető egységes rendszernek. Számos, viszonylag egyszerű, végrehajtó működést tesztelő feladatban (különbéle 'modalitású' feladat-váltási eljárások, figyelmi szelekciós feladatok, monitorozási és frissítési feladatok) mutatott eredmény magyarázatára egy olyan faktorstruktúra bizonyult a legmegfelelőbbnek, mely a manifeszt (mért) változóban tapasztalható varianciát három független, elkülönülő látens faktorváltozó hatásának tudja be: „*figyelmi váltás*”, „*emlé-*

kezeti frissítés” és „gátlás”. Mindazonáltal, a célváltozók között megfigyelhető korreláció az egyes funkciók ’természetében’ rejlő, közösre, azonosra utalhat, amely a szerzők és Baddeley által is felvetett lehetőség szerint (Baddeley és Logie, 1999) elemi gátló és serkentő idegi működéseknek, esetleg egy modalitás független figyelmi kapacitásnak, vagy kontrollált figyelemnek tulajdonítható. Ezen kívül, az eredményeik szerint (szerkezeti egyenlet modell) úgy tűnik, hogy az egyes funkciók eltérően járulnak hozzá a komplex munkamemória feladatokban mutatott teljesítményhez: a Wisconsin kártyaszortírozás a „figyelmi váltás”, a Hanoi torony a „gátlás”, a random generálási feladat a „gátlás” és a „frissítés”, az operációs terjedelem feladat leginkább a „frissítés” végrehajtói folyamatait takarja, míg a kettős feladat teljesítmény látszólag egyik vizsgált funkcióval sincs összefüggésben.

Oberauer és munkatársai (2000) a munkamemória egy alternatív modelljének keretében végzett hasonló elemzésének eredményei szintén a központi végrehajtó felbonthatóságának irányába mutatnak. A munkamemória úgynevezett *facet* elmélete alapvetően tartalmi és műveleti vagy funkcionális dimenziók megkülönböztetésén alapul. Ennek megfelelően tartalmi oldalról a munkamemóriának „téri-figurális”, „verbális” és „numerikus”, műveleti oldalról „egyidejű tárolás és feldolgozás”, „ellenőrzés” és „koordináció” komponensei volnának megkülönböztethetők. Nagyszámú munkamemória vizsgálóeljárás eredményein elvégzett ellenőrző faktoranalízis és szerkezeti egyenlet modellezés eredményei szerint megállapítható, hogy az adatok alakulása tartalmi oldalról egy kétfaktoros modell szerint magyarázható egy „téri-vizuális” és egy „verbális-numerikus” faktor megkülönböztetésével. Funkcionális oldalról a „tárolás és feldolgozás” illetve a „koordináció” funkciók megkülönböztethetlensége egy közös faktort eredményezett egy „sebesség” faktorként is értelmezhető „ellenőrzés” faktor mellett. Újabb elemzésük alapján (Oberauer és mtsai., 2003) a „tárolás és feldolgozás” illetve a „koordináció” független, mégis szorosan összefüggő ( $R=0,80$ ) faktorai igazolódtak a továbbra is független „ellenőrzés” faktor mellett. Ez utóbbi egyébként mindkét vizsgálatban a feladat-váltás eljárás különféle verzióinak eredményei alapján adódott.

A „tárolás-feldolgozás” és a „koordináció” faktorok egyaránt szoros kapcsolatban voltak a komplex munkamemória mérőszámokkal (olvasási-, számolási terjedelem, emlékezeti frissítés), míg az „ellenőrzés” faktor egyik mutatóval sem állt kapcsolatban. (Ezen elemzések nem használtak a Wisconsin kártya tesztet, vagy ehhez hasonló eljárást, mely Miyake eredményéhez hasonlóan kapcsolatba hozható volna az ellenőrzési funkcióval.)

A központi végrehajtó működésével kapcsolatos kérdések tisztázása felé vezető ígéretes út a munkamemória kísérleti pszichológiai vizsgálóeljárásaiban kimutatható egyéni különbségek szisztematikus tanulmányozása mellett a frontális lebeny működésének idegtudományi és neuropszichológiai vizsgálata (Baddeley, 1996a). Az egyes végrehajtói funkciók megkülönböztetése visszaigazolást nyerhet (és nyert) különféle képalkotó eljárások során szerzett bizonyítékok által (pl. tárolás-feldolgozás: Smith és Jonides, 1999; figyelemváltás, gátlás: Sylvester és mtsai., 2003; frissítés, gátlás, figyelemváltás, koordináció: Colette és Linden, 2002). Az eredmények részletes ismertetése helyett konklúzióképpen megfogalmazható, hogy az ellenőrzés, szabályozás neurális folyamatai különféle agyi területek együttes aktivitásában ragadható meg részben általános, részben feladat specifikus mintázatokkal. E folyamatokban nagy jelentősége lehet a bilaterális dorsolaterális prefrontális területek (Br. 9, 10, 44, 45, 46) és összeköttetések együttesében megragadható frontális hálózatnak (pl. Négyessy, 2003).

Úgy tűnik tehát, hogy a pszichometrikus és az idegtudományi vizsgálatok azt a hipotézist látszanak igazolni, mely szerint a központi végrehajtó terminus valószínűleg néhány különböző, bizonyos alapvonások szempontjából mégis közös, egységes mechanizmust takarhat, melyek egymástól független, mégis interaktív, esetleg egy domináns kontrolláló irányítása melletti működése eredményezheti „a” kontrollműködést.

### 3.2.2. A VÉGREHAJTÓI FUNKCIÓK FIGYELMI ASPEKTUSAI

A központi végrehajtó működésének figyelmi folyamatok felőli megközelítése természetszerű, amennyiben a központi végrehajtó működését az ellenőrző figyelmi rendszer (SAS) működésének analógiájára képzeljük el, miként teszi azt Baddeley. A munkamemória különféle modelljei egyaránt osztják azt az elképzelést, feltételezést, miszerint a munkamemória és a figyelem (továbbá a tudatosság) valamiképpen azonos, vagy hasonló, kapcsolatos konstrukciók (Kintsch és mtsai, 1999). Ennek az elgondolásnak a legpregnansabb, legkarakteresebb megfogalmazása, hogy a munkamemória nem más, mint rövid távú tár és kontrollált figyelem (Engle és mtsai, 1999). Mindazonáltal a figyelem a munkamemóriához hasonlóan összetettebb és bonyolultabb folyamatokat jelent annál, semhogy egyszerűen azonosítani lehetne a kettőt egymással azon túlmenően, hogy elismerjük, például a kognitív kontrollban betöltött szerepük jelentőségét. Az alábbi-

akban áttekintem azokat a vizsgálati paradigmákat, illetve vizsgálati eredményeket, melyek empirikus alapon biztosítják e két összetett konstrukció összekapcsolásának lehetőségét. Közelebbről, a figyelem két olyan vonatkozására irányuló vizsgálatokról lesz szó, melyek a munkamemória központi végrehajtó komponensének tulajdoníthatóak, nevezetesen a szelektív figyelemről és a figyelmi váltásról.

### 3.2.2.1. FIGYELMI SZELEKCIÓ

A figyelmi szelekció kérdése központi jelentőségű a figyelem működésének megértésében. E jelenség tanulmányozása illetve értelmezése 'víválasztó' például a figyelem támadáspontjára vonatkozó magyarázatokkal kapcsolatban (korai vs. kései szűrés) (Czigler, 1994). A figyelmi szelekció jelenségeinek és egy központi kontrolláló struktúra eszméjének összekapcsolása annak a lehetőségnek a feltevését és elfogadását jelenti, hogy a figyelem, illetve a figyelmi szűrés olyan aktív folyamat, mely meghatározza az információ feldolgozás folyamatán túlmenően már az információ felvételi folyamatokat is. Ez a lehetőség interpretálható 'bele', utólag a figyelem, mint csillapítás elgondolásba is. A figyelem információ felvételi-feldolgozási 'stratégiaként' való értelmezésének lehetősége - melyre a szignál-detekciós elmélet említhető példaként - szintén összhangba hozható a felülről lefelé ható, irányító, kontrolláló struktúra, azaz a központi végrehajtó gondolatával. A fentebb említettekhez hasonlóan fogalmazódik meg a munkamemória és figyelem viszonya, például Cowan (1999) munkamemória modelljében, aki szerint a figyelmi fókuszba részint automatikusan, részint akaratlagosan, a központi végrehajtó által vezérelten bekerülő, vagy aktivált információ jelenti a munkamemória tartalmát a nem aktivált, illetve a figyelmi fókuszba nem került, de oda bejuttatható információ mellett, melyek együttesen a hosszú távú memória alkotóelemei.

A figyelmi szelekció egyik leggyakrabban tanulmányozott jelensége az úgynevezett *Stroop interferencia*. Az alapjelenséget az eredeti vizsgálat (Stroop, 1935) óta a teszt számos variációjának alkalmazásával mutatták ki (lásd MacLeod, 1991). Általánoságban, a Stroop típusú feladatokban az inger szemantikus vonatkozásai konfliktusban, 'ellentmondásban' vannak az inger feladatinstrukció által meghatározott releváns tulajdonságával (perceptuális sajátosság), mely interferencia a reakcióidő jelentős növekedésében, (esetleg a hibázások számának növekedésével együtt) mutatkozik meg. E jelenség, a kései szűrés klasszikus példajaként mutatja, hogy a nem figyelt információ milyen jelen-

tős mértékben képes befolyásolni a figyelt információ feldolgozását. A jelenség – témánk szempontjából releváns – magyarázata szerint csak aktív, kontrollált feldolgozás teszi lehetővé a feladat szempontjából releváns (kevésbé automatikus) információ outputcsatornákhöz való hozzáférést a nem figyelt, automatikusan feldolgozásra kerülő információ (az eredeti vizsgálatban olvasás révén a szójelentés) hatásai ellenében. Tehát a válaszszerveződés szintjén létrejövő interferencia egy aktív, kontrolláló struktúra, mondjuk a központi végrehajtó közreműködése mellett oldható fel. Ez a közreműködés elsősorban az alternatív válasz, vagy válasz-séma gátlását jelenti. Ennek megfelelően a feladat szempontjából releváns ingerre, vagy ingertulajdonságra irányuló figyelem fókuszálására és az irreleváns inger vagy ingertulajdonság figyelmen kívül hagyására való képesség a végrehajtói működések kontextusában, mint „a domináns választendencia gátlása” avagy „gátlás” kerül említésre.

### 3.2.2.2. FIGYELMI VÁLTÁS

A figyelem rugalmasságának kérdése, jóllehet nem új keletű problémáról van szó, a legutóbbi időkben került az érdeklődés középpontjába összekapcsolódva a munkamemória, közelebbről a központi végrehajtó problematikájával. A figyelmi váltás tanulmányozásának módszertani gyökerei Jersild 1927-ben végzett vizsgálatáig nyúlik vissza. A probléma Spector és Biederman által (1976, áttekintésül Pashler, 2000, Pashler és mtsai, 2001) újralfedezése óta főképpen az utóbbi tíz évben, az úgynevezett *feladat-váltási* [task switching] paradigma a figyelmi rugalmasság, mint a kognitív kontroll speciális kérdése tanulmányozásának egyik legfontosabb módszerévé vált.

A feladat-váltási paradigmában két különböző – többnyire önmagában is a figyelmi rendszert terhelő figyelmi szelekciós – feladat váltakozik. A személyek feladata 'átkapcsolni', vagy átváltani az éppen soron következő feladathoz tartozó 'üzemmódra', mely a végrehajtói rendszer számára megterhelő és többnyire a reakció idő illetve a hibaszám megnövekedését vonja maga után. Ez az úgynevezett *váltási veszteség*, vagy a *váltás ára* a váltásokat kontrolláló, vezérlő rendszer – WM terminológiában a központi végrehajtó – működése hatékonyságának mérőszáma.

Rogers és Monsell (1995) szerint a feladat végrehajtását biztosító rutin, vagy tanult műveletek [task set] – Norman és Shallice modelljében "akció sémák" – feladat-váltási helyzetben át kell, hogy adják a helyüket a másik feladathoz tartozó akció sémának, illetve módosításra (rekonfigurációra) szorulnak, fő-

képpen abban az esetben, amikor a két váltakozó feladat – akár az ingerek, akár a válaszlehetőségek, akár mindkettő szempontjából – átfedésben van egymással (kétértékű [bivalent] ingerek és válaszkimenetek). Elképzelésük szerint, a feladat-váltáskor tapasztalható reakcióidő többlet azoknak a kontroll folyamatoknak jelenlétét tükrözik, melyek a rekonfiguráció sikerességének zálogaiként tekinthetők. E kontrollfolyamatok *endogén* aspektusai, melyek a központi végrehajtó, vagy a SAS közreműködésének tulajdoníthatók, az új feladatra történő előkészületeket szabályozzák, anticipatív, szándékvezérelt módon, még az új feladathoz tartozó inger megjelenése előtt, annak konkrét sajátosságától függetlenül. A belülről vezérelt, endogén rekonfiguráció az előkészületekhez rendelkezésre álló idő (többnyire válasz-inger intervallum) növekedésével arányosan kisebb mértékű váltási veszteséget eredményez, ugyanakkor részben előkészítetlen állapotban hagyja a rendszert. A teljes előkészülség, avagy rekonfiguráció a szabályozás *exogénnek* nevezhető aspektusai révén biztosítható, melyek az új inger megjelenésével, az inger révén lépnek működésbe. Az ingervezérelt kontroll folyamatok elképzelése az ATA modell „versengési tervek” konstrukciójával rokonítható. Az exogén komponens(ek)nek köszönhetően a váltási veszteség még nagyon hosszú (több mint 1,5 másodperc) előkészületi idő után is, eltüntethetetlenül jelen marad. Ez az úgynevezett *maradék váltási veszteség*.

Hasonló elképzelést fogalmaznak meg Rubinstein és munkatársai (2001), akik a feladat-összetevő folyamatok [task process] – ingerazonosítás, válasz szelekció, válasz végrehajtás – fölötti ellenőrzési folyamatokban megkülönböztet *célmeghatározó* [goal shifting] és *szabályaktiváló* [rule activation] komponenseket, az endogén – exogén megkülönböztetés analógiájára, melyek a feladat egyéb paramétereire (pl. előre jelezhetőség, szabálybonyolultság) eltérően érzékenyek. Az aktuális szabály meghatározása és ’betöltése’ az új inger megjelenését követően, tehát exogén módon történhet meg, ami, azután a maga időigényénél fogva, szükségképpen, legalább is feladat-váltási helyzetben, növekedést eredményez a reakcióidőben.

A fenti elképzelésekkel ellentétben, melyek tehát a váltási veszteséget egy önálló kontrolláló struktúrának (központi végrehajtó) tulajdonított szabályozó – a komponens folyamatoktól megkülönböztethető – folyamat időigényére vezetik vissza, Allport és munkatársai (1994) *tehetetlenségi* [task set inertia] hipotézise szerint a váltási veszteség sokkal inkább tulajdonítható (az általuk is feltételezett kontroll folyamatok mellett) alulról felfelé érvényesülő, automatikus folyamatok hatásainak, azaz egy-

fajta *proaktív interferenciának*, mely a válasz szelekció folyamatában, vagyis a komponens folyamatokban (task set, vagy akció-séma) eredményezne lassulást, és ez eredményezné a hosszú előkészületi idő után is jelentkező maradék váltási veszteséget. Az empirikus érvek legjellemzőbb, sokszorosan igazolt példaként említhető, amikor színezett színnevek színmegnevezését (fordított Stroop feladat) követően a színnevek kiolvasásában (sztenderd Stroop feladat) lényegesen nagyobb váltási veszteséget lehet kimutatni, mint fordított szekvencia esetén, ráadásul a feladatnehézségekből következő elvárásokkal ellentétes irányban (Allport és mtsai, 1994, Allport és Wylie, 2000, Wylie és Allport, 2000). Ez az *aszimmetrikus váltási veszteség* annak köszönhető, hogy az új feladatra vonatkozó előkészültség, rekonfiguráció messze nem teljes, még az új feladat ingerének megjelenése után sem, a korábbi feladat hatásai átnyúlnak az új feladatra, és ez eredményezi a váltási veszteséget, sőt a hatás kimutatható mértékű távolabbi feladatokban is. Hasonló interferenciahatás mutatható ki nem csak a feladat sémák, hanem inger-válasz kapcsolatok viszonylatában is (*item specifikus váltási veszteség*) (Allport és Wylie, 2000). Ezen újabb keletű adatok fényében a „tehetetlenségi” hipotézist alátámasztó jelenségek mögött Allport szerint valószínűleg hosszabb távú, *negatív előfeszítési* (priming) hatások állhatnak.

Habár a proaktív interferenciának lehet szerepe a feladatváltás nehézségében, a jelenség minden valószínűség szerint nem általános érvényű, azaz nem törvényszerű. Monsell és munkatársai (2000) a váltakozó feladatok nehézségét különféleképpen manipulálva (korábbi tapasztalatok az ingerekkel, inger-válasz kompatibilitás, gyakorlás) a fentiekkel ellentétben a nehezebb feladatok irányában mutatott ki nagyobb váltási veszteséget. Továbbá a legtöbb vizsgálati eredmény szerint, ahol hosszabb szekvenciákat alkalmaznak, a váltási hatás a váltási (a feladat megváltozását követő első) ingerekre korlátozódik (pl. Rogers és Monsell, 1995, Kramer és mtsai, 1999, Hunt és Klein, 2002), ellentétben a „tehetetlenségi” hipotézisből következő lehetőséggel, miszerint a negatív priming hatása fokozatosan, a későbbi ingerekre is kiterjedve tűnik el. Az empirikus érveken túlmenően, nem zárható ki a „tehetetlenségi” hipotézist alátámasztó adatok egy alternatív értelmezése sem: tudniillik a váltási veszteség mögött a kontroll folyamatainak megnyúlása, vagy - ahogy a Stroop interferencia alapértelmezéséből is következne (lásd fentebb) - más jellegű kontroll folyamatok működésbe lépése is állhat (Monsell és mtsai, 2000).

Az egyes elméleti modellek kiindulási alapjául szolgáló vizsgálatok a kísérleti elrendezéseknél fogva valószínűleg nagymértékben meghatározzák a bizonyítékként tekintett effektusok kimutathatóságát. Meiran és munkatársai (2000, illetve Meiran, 1996) érvelése szerint, a *váltakozó sorozatok* (Rogers és Mosell, 1995) és a *tiszta és kevert sorozatok* (Allport és mtsai, 1994) elrendezés nem teszi lehetővé az előkészületi, azaz rekonfigurációs folyamatok pontos elemzését. Ellenben azok az elrendezések, ahol külön jelzés (cue) határozza meg a váltások szükségességét - *előjelzett váltás paradigma* - ebből a szempontból kielégítőbbek. Vizsgálataiban a válasz (R) - jelzőinger (Cue), illetve jelzőinger (Cue) - célinger (T) intervallumok (RCI, CTI) szisztematikus változtatásával lehetővé vált a rekonfiguráció komponens folyamatainak 'titrálása', ezáltal az e folyamatokhoz kapcsolható hatótényezők beazonosítása. Ezek szerint a váltási veszteség részint a korábbi feladat séma 'tehetetlenségi nyomtérképből', az új feladatra való passzív átterjedéséből [dissipate] fakad, de ez a hatás a válasz - jelzőinger intervallum (RCI) növekedésével fokozatosan eltűnik. Másrészt a váltási veszteség az előkészület kontroll folyamatainak időigényét tükrözi, mely a jelzőinger - célinger intervallum (CTI) növekedésével csökken, de nem szűnik meg. Marad tehát, még nagyon hosszú előkészületi idő esetén is egy reziduális komponens, mely, ha nem is tüntethető el, de legalább is csökkenthető. A maradék váltási veszteség szerintük a válaszkimenetek átfedéseire (bivalent vs. univalent válaszkimenetek), illetve a válaszsémák fölött gyakorolt kontroll folyamatára és az ebben közreműködő 'stratégiai' elemekre vezethető vissza (Meiran, 2000a, 2000b). Ehhez hasonlóan Hunt és Klein (2002) szintén a válasz szelekció szakaszához kapcsolja a hosszú preparációs idő után is jelentkező váltási veszteség összetevőt, mi több, a válaszszelekció folyamatát nem terhelő elrendezésben (pro- és antiszakkád a válaszokat jelentő ingerek irányába illetve az ellenkező irányba) eltüntethetőnek találta a hagyományosnak mondható, manuális választ kívánó helyzettel ellentétben.

A hosszú preparációs idő után is jelentkező reziduális váltási veszteség valószínűsíthetően a kontroll folyamatok hibáit is tükrözhetik. De Jong (2000) *szándék-aktiváció* hipotézise szerint a kísérleti személyek motivációjának hiánya, vagy változása a kísérlet során, hogy előzetesen előkészüljenek az új feladatra (amennyiben a kísérleti elrendezés ezt egyáltalán lehetővé teszi, például hosszú preparációs idő biztosításával) eredményezné a kontroll folyamatok változó hatékonyságát, ennél fogva a váltási reakcióidők szóródását. A hosszú preparációs idő utáni váltási

reakcióidők kumulatív valószínűségi eloszlása (hosszú előkészületi idő mellett adott válaszokra jellemző gyors, és rövid előkészületi idő mellett adott válaszokra jellemző lassú válaszidők előfordulása) azt mutatja, hogy az új feladatra való előzetes (endogén) előkészültség, azaz az új feladatra átváltás irányába való elkötelezettség az esetek egy részében nem, vagy hibásan valósul meg [failure-to-engage] (De Jong, 2000, Nieuwenhuis és Monsell, 2002).

Itt érdemes megemlíteni, hogy a végrehajtói funkciók még az ilyen nagymértékben 'lecsupaszított' vizsgálati helyzetekben, mint a feladat-váltás eljárás sem önmagukban az egyetlen meghatározói a (váltási veszteségben mért) teljesítménynek. Emerson és Miyake (2003) kettős feladathelyzetben vizsgálva a figyelemváltás kontrollfunkciót, ahol a feladat-váltás különféle változatai voltak az elsődleges feladatok artikulációs elnyomás, mint másodlagos feladat mellett, azt találta, hogy a váltási veszteség jelentős mértékben megnő, amennyiben a végrehajtandó (és alkalmanként megváltoztatandó) feladatot a kísérleti személynek kell észben tartania (ismételgetés által), azokhoz a helyzetekhez képest, amikor szimbolikus, vagy más fizikai jelzés (szín) egyértelműsíti az aktuális feladatot. Baddeley és munkatársai (2001) is hasonló eredményeket kaptak egyik vizsgálatukban. Az ismételtetés jelentősége a feladat-váltási teljesítményben azt mutatja, hogy a fonológiai hurok szerepe nem korlátozódik csupán a verbális információ fenntartására és célirányos manipulálására, hanem a központi végrehajtóval fennálló dinamikus, kétirányú kapcsolatán keresztül része van a komplex megismerési tevékenységekben is.

A váltási hatás és a Stroop hatás 'ismételt méréses' elemzésének (Ward és mtsai, 2001) eredményei azt mutatják, hogy a váltási hatás különféle mérései között nagyfokú együttjárás figyelhető meg, míg a Stroop vizsgálatok teszteredményei jelentősen eltérhetnek egymástól, illetve a feladat-váltási vizsgálatok eredményeitől. Figyelembe véve a fentebb idézet látens változó elemzések eredményeit is (Miyake és mtsai, 2000, Oberauer és mtsai, 2003), a két hatás nagymértékben függetlennek tekinthető, következésképpen heterogén, - a kis mértékű korrelációkra tekintettel - egymással minimális átfedésben lévő kontroll mechanizmusok feltételezése tűnik kielégítőbbnek.

Mindezek alapján, úgy tűnik, hogy a váltási veszteség a váltás, mint végrehajtói kontroll működés megbízható, noha nem teljesen tiszta mérőszámának tekinthető. Részben tükröződése a feldolgozó rendszer 'tehetetlenségéből' fakadó szükségszerű las-

sulásnak, de olyan nem specifikus, tehát a 'feladatmegoldás' folyamataitól különböző hatásokat is tükrözhet, mint a személy feladatvégzés iránti elköteleződése, vagy motivációja. Továbbá a kimutatható hatások nagymértékben függvényei az alkalmazott ingerek, kísérleti elrendezések sajátosságainak. Mindazonáltal nem kérdéses a feladat-váltás különféle modelljei által egyaránt feltételezett kontroll mechanizmus(ok) jelentősége, mely a sikeres váltás érdekében, akár a proaktív interferencia ellenében aktívan irányítja a rekonfigurációt.

DUPRESS

#### 4. MUNKAMEMÓRIA ÉS INTELLIGENCIA

Az emberi intelligencia, közkeletű, 'modellfüggetlen' felfogása szerint, olyan képesség, vagy képesség együttes, mely összetett bonyolult, ha tetszik magasabb rendű megismerési tevékenységek során, a teljesítmény alapjául szolgál, és amelyre az ilyen tevékenységekben kimutatható egyéni különbségek visszavezethetők. A másik oldalról, a munkamemória az ember mentális felépítményének, kognitív architektúrájának centruma, gyűjtőpontja, melynek működése révén az általában vett megismerési folyamatokban az információ aktiválása és aktívan tartása (tárolás) illetve a feladatnak megfelelő manipulálása (feldolgozás) megtörténik. Kézenfekvőnek tűnik, e két konstrukció összekapcsolása, viszonyuk értelmezése.

Ez az összekapcsolás az intelligencia elmélete felől közelítve, elsősorban annak az igénynek a megfogalmazását jelenti, hogy az intelligencia elkülönülő faktorait egy összefüggő, funkcionálisan egységes modellben jelenítse meg, továbbá, hogy az intelligencia velejének tekintett  $g$  faktor - amennyiben elfogadjuk relevanciáját és magyarázóerejét az intellektus szerkezetének és az egyéni különbségek kérdésében - statisztikai fogalmának pszichológiai jelentést és empirikus tartalmat adjon. A munkamemória elmélete felől az összekapcsolás azt a lehetőséget jelenti, hogy a munkamemória elmélete számot adhat mind az intellektus szerkezetével, mind pedig az intellektuális képességek területén kimutatható egyéni különbségek kérdésével kapcsolatos problémákról. A másik gyakran felvetett és sikeresen tesztelt lehetőség a  $g$  faktor tartalommal 'feltöltésére', nevezetesen a  $g$ , mint mentális sebesség magyarázat - jöllehet az intellektus szerkezetének kérdésében lényegesen kevesebb magyarázó értékkel bír - sikerrel kecsegtet az egyéni különbségek, tehát a kiválóság kérdésében, tekintettel arra, hogy mindkettő alapvetően 'mennyiségi' probléma. Az intelligencia és munkamemória viszonyának értelmezése, ennek megfelelően egyúttal számvetés is az intelligencia, mint mentális sebesség magyarázatokkal.

Az intellektuális képességek szerveződésével, tehát az intellektus szerkezetével kapcsolatban a legáltalánosabban elfogadott elgondolás annak hierarchikus felépítése, több, leggyakrabban három, általánosságának mértéke szerint különböző 'képességréteg' szerint (lásd 1. fejezet). A munkamemória Baddeley-féle modellje és az intellektus szerkezeti felépítése megfelelésének egyik lehetséges értelmezését mutatja az 1. ábra. E szerint az intelligencia kristályosodott aspektusai a jelentéstartalmi (szemantikai) és műveleti (procedurális) ismeretek hosszú távú meg-

őrzéséért felelős emlékezeti rendszernek (LTM) feleltethető meg, míg a fluid képességek a munkamemória alrendszerének és a szabályozó, ellenőrző rendszer együttesének.

Az intelligencia és a munkamemória szerkezeti megfeleltetésével kapcsolatban elsősorban azon vizsgálatoknak van jelentősége, melyek a rendszerben tételezett egyes komponensek, összetevők (pl. központi végrehajtó és fluid intelligencia) viszonyának 'egy-szemponos' elemzése helyett magának a rendszer, a struktúra egészének (munkamemória rendszer és intelligencia struktúra) kérdését állítják a vizsgálat középpontjába. Ilyen elemzésre ad lehetőséget a látens változó elemzés.

Miyake és munkatársai (2001) az intellektuális képességek II. szintjén megjelenített téri képességek (illetve az ezeket mérő feladatok) és a munkamemória téri-vizuális komponensének (vizuális-téri WM és STM feladatok) összefüggését vizsgálva a központi végrehajtó nagymértékű érintettségét mutatta ki a téri feladatokban mutatkozó teljesítménnyel kapcsolatban. Ebből indirekt módon - figyelembe véve, hogy az „általános fluid” illetve a  $g$  legjobb becslései téri intelligencia feladatokból származnak - a központi végrehajtó és a  $g$  faktor illetve az intelligencia fluid aspektusainak erős megfeleltethetőségére következtet.

Engle és munkatársai (1999) rövid távú memória, komplex munkamemória és intelligencia tesztek eredményein végrehajtott látens változó elemzése (ellenőrző faktoranalízis, szerkezeti egyenlet modell) azt mutatja, hogy erős megfelelés van az intelligenciatesztek „általános fluidnak” ( $gf$ ) nevezett háttér tényezője és a „munkamemória” (WM) háttér változó azon komponense között, mely a „rövidtávú memória” (STM) komponens 'kiszűrése' után fennmaradt. Továbbá a „munkamemória” háttérváltozó mind a verbális, mind a kvantitatív képességeket mérő tesztek (VSAT, QSAT<sup>10</sup>) varianciájának lényegesen nagyobb hányadát 'magyarázza' meg mint a „rövidtávú memória”. Conway és munkatársai (2002) hasonló elemzése azt mutatja, hogy a „munkamemória kapacitás” és az „általános fluid” változók erős megfeleltethetősége mutatkozik meg, amennyiben a tesztelt modell a manifeszt változókat (munkamemória és rövid távú memória tesztek) egy olyan faktorstruktúrával képezi le, ahol a rövid távú memória tesztekben mutatkozó varianciát a „rövidtávú memória”, a komplex terjedelemtesztekben mutatkozó varianciát a „munkamemória” és a „rövidtávú memória” látensváltozóknak egyaránt tulajdonítja. Azaz már a mért változók szintjén meg-

<sup>10</sup> A Scholastic Aptitude Test egyfajta felsőfokú felvételi szűrő, vagy alkalmasság vizsgáló eljárás verbális (V) és matematikai (Q) változattal.

próbálja kiszűrni a rövidtávú memória és a munkamemória átfedéseit. Ezen eredmények interpretációjában, elismerve a munkamemória több-összetevős, (moduláris) felépítését, a szerzők (Conway és mtsai., 2002, Engle, Tuholski és mtsai., 1999, még inkább Engle, Kane és mtsai., 1999) arra következtetnek, hogy az általános fluid intelligencia lényegében a központi végrehajtoi kapacitás, pontosabban - a WM kapacitással izomorf - egységes, modalitás-független *kontrollált figyelemi kapacitás* által meghatározott. Ezt az értelmezést aláhúzza Conway és munkatársai vizsgálatának azon eredménye, miszerint a „munkamemória” és az „általános fluid intelligencia” kapcsolata a „sebesség” - „intelligencia” kapcsolat 'rovására' bizonyult meghatározónak.

Ezen a ponton egy kisebb kitérőt téve, meg kell említeni, hogy a figyelemi kapacitás értelmében vett munkamemória kapacitás, mint a  $g$  faktor statisztikai fogalmának pszichológiai jelentéstartalma, azzal az előnnyel jár, hogy nem csupán az intelligenciára visszavezetett egyéni különbségek értelmezésében, hanem az intellektus szerkezetének magyarázatában is 'értelmes'. A mentális sebesség nehezen értelmezhető közös, általános „képességként”, mely a képességek hierarchiájának csúcsán áll. A kontrollált figyelem, habár nem képesség tudatos, szándékolt aktus értelmében, ahogyan Jensen (2000) megjegyzi (habár ebben az értelemben, pl. a fluid képességek sem feltétlenül azok), ugyanakkor, mint a feldolgozó rendszernek a folyamatok (pl. információ felvétel, feldolgozás) kontrollálására, hatékony szabályozására vonatkozó adottsága (Conway és mtsai., 1999) strukturálisan is értelmezhető. E két magyarázat szembenállása a következőképpen fogalmazható meg: a nagyobb feldolgozási sebesség, azáltal, hogy több információ feldolgozását teszi lehetővé egységnyi idő alatt, eredményez nagyobb mért kapacitást, így a mentális sebesség magyarázza meg a munkamemória kapacitás és az IQ korrelációját. Vagy fordítva, a nagyobb tárolói és feldolgozó kapacitás áll a sebesség és IQ korrelációja mögött akképpen, hogy például a csökkenő vagy csökkent fenntartói kapacitás következtében előálló elhalványulás a feldolgozás lassulását eredményezi. Vagy másképpen, a nagyobb munkamemória kapacitás hatékonyabb, így származékosan gyorsabb feldolgozást eredményez. Harmadik lehetőségként adódik, hogy a mentális sebesség és a munkamemória kapacitás jelentősége a feladatok bonyolultságától függhet. Minél komplexebb egy (intelligencia)feladat, annál nagyobb a munkamemória kapacitás jelentősége, minél egyszerűbb, annál nagyobb a mentális sebesség jelentősége (Wilhelm és Schultze, 2002).

Visszatérve gondolatmenetükhöz, megjegyzendő, hogy a fentebbi vizsgálatok mind az intelligencia, mind pedig a munkamemória összetett konstrukciójának csupán egy szeletét, illetve ezek viszonyát tették a vizsgálat tárgyává. Különösképpen érvényes ez a munkamemória 'oldalra', mely csupán komplex terjedelem feladatok révén volt megjelenítve. Noha ezek a tesztek kétségtelenül - a tároló és feldolgozó folyamatok egyidejű, párhuzamos terhelése révén - a munkamemória tesztjei, semmiképpen sem állítható, hogy az érintett funkciók 'reprezentatívák' volnának a végrehajtói, munkamemória funkciók teljességére nézvést. Példaként ideidézhetjük Miyake és munkatársai (2000) fentebb már említett eredményeit, mely alapján a végrehajtói funkciók összetett viszonyrendszere határozható meg, melyben a komplex terjedelem tesztek csupán egy, az „emlékezeti frissítés” végrehajtói funkcióval hozhatók kapcsolatba, míg más tesztek eredményei mögött egyéb funkciók ragadhatók meg, jóllehet nem zárható ki a végrehajtói funkciók működési-sajátságainak mintegy eredőjeként előálló 'közös' munkamemória kapacitás lehetősége. Ez az ellenvetés arra hívja fel a figyelmet, hogy egy önmagában problematikus általános-egységes-munkamemória-kapacitás elgondolás és egy önmagában problematikus általános-egységes-intellektuális-kapacitás ( $g$ ) elgondolás összekapcsolása hogyan lehet egyszerre meggyőző, ugyanakkor kétséges.

A munkamemória kapacitás és az intellektuális teljesítőképesség azonosításának nehézségére empirikus alapon Süß és munkatársai (2002) mutatnak példát. Az intelligencia facet elméletén<sup>11</sup> alapuló Berlin intelligencia teszt (BIS), és a munkamemória facet modellje (erről lásd fentebb) szerint válogatott munkamemória tesztek eredményein végrehajtott látensváltozó elemzés azt mutatja, hogy tartalmi oldalról, az intelligencia „verbális” komponense a munkamemória „verbális-numerikus” komponensével, az intelligencia „figurális” komponense a munkamemória „téri-figurális” komponensével hozható kapcsolatba, míg az intelligencia „numerikus” komponense mindkét munkamemória komponenssel összefügg. Műveleti oldalról, a munkamemória „tárolás és feldolgozás/koordináció” komponense erős kapcsolatban van az intelligencia „gondolkodás”, „emlékezet” és „kreativitás” fak-

<sup>11</sup> Az intelligencia úgynevezett *facet* elméletében - mely a Guilford nevéhez köthető strukturális megközelítéssel rokonítható, és az egyik matematikailag legmegalapozottabb modell (Münnich Ákos személyes közlése) - *tartalmi* (verbális, figurális, numerikus) és *műveleti* (feldolgozási sebesség, emlékezet, kreativitás, feldolgozási kapacitás vagy gondolkodás) komponensek megkülönböztetésével az intelligencia kétarcú (bimodális) struktúrája mutatkozik meg (Bucik és Neubauer, 1996).

torával, és gyengébb kapcsolatban a „sebesség” faktoral. A munkamemória „ellenőrzés” faktora az intelligencia „sebesség” komponensével erősen, míg a „gondolkodás” komponenssel gyengébben. Ugyanakkor és legfőképpen ebben az elemzésben az intelligencia és a munkamemória viszonya bonyolultabbnak mutatkozott annál, semhogy egyetlen kapacitáskorlátos faktor ( $g$ , általános munkamemória kapacitás), akár tartalmi, akár műveleti vonatkozásban, adhatna számot az intelligencia és a munkamemória látens komponenseiben megragadható közösről.

Áttételesen a  $g$  faktor és a munkamemória kapacitás, illetve a kapacitás meghatározásában döntő végrehajtói rendszer közvetlen összefüggésének kérdésességét mutatja, hogy figyelemi deficitként meghatározott hiperaktivitási rendellenesség (ADHD) nem feltétlenül jár együtt alacsonyabb intelligencia színvonallal, illetve frontális lebeny sérültek esetén konzekvensen csak végrehajtói funkció károsodás mutatható ki, az intelligencia (döntő jelentőséggel a fluid intelligencia) nem feltétlenül érintett (áttekintésül Crinella és Yu, 1999).

## 5. MUNKAMEMÓRIA ÉS MATEMATIKAI GONDOLKODÁS

A matematikai gondolkodás kísérletileg egyik leggyakrabban kutatott aspektusa a számolási, numerikus [numerical] gondolkodás, az úgynevezett *mentális matematika*, vagy *mentális aritmetika*, azaz az elemi matematikát, az elemi számtani műveleteket (összeadás, kivonás, kisebb mértékben szorzás, osztás) használatát megalapozó képesség, mely kutatások alapot szolgáltathatnak az intelligencia kutatásában numerikus vagy mennyiségi gondolkodásként számon tartott faktor feltételezéséhez (lásd fentebb). A numerikus gondolkodás, mint pszichológiai probléma egyik vetülete a számok illetve a számítási tények emlékezeti szerveződésének modellezése. Elsősorban a folyamatokat, azaz a gondolkodási (számtani) műveleteket kiindulópontul választó vizsgálat alapján számos, a számítási tények hosszú távú emlékezeti szerveződését magyarázó úgynevezett *aritmetikai modell* született (áttekintésül, Ashcraft, 1992).

Egy másik, témánk szempontjából jelentősebb kiindulópontnak tekinthető az a megközelítés, mely a számok mentális (és agyi) reprezentációjának kérdését helyezi a vizsgálatok középpontjába, és a reprezentációs formák alapján kísérli meg a számolási műveletek értelmezését a számolási folyamatok *általános architektúrájának* keretében (Dehaene, 1992; Campbell, 1994). Az olyan kísérleti effektusoknak, mint a *távolsági hatás*, a *nagysághatás*<sup>12</sup> vagy az *asszociációs interferenciahatás*<sup>13</sup>, mint jelzőindexeknek felhasználása teszi lehetővé a mentális matematika tanulmányozását. Ezen túlmenően, vagy ezek révén a matematikai gondolkodás számos aspektusának vizsgálata is lehetővé válik a fiziológiai alapoktól, a fejlődés és diszfunkciók kérdésein át, a kulturális, nyelvi kontextus matematikai gondolkodásra kifejtett hatásának tanulmányozásáig.

A különféle modellek versengésében, vitájában a számreprezentációk Dehaene nevéhez kötődő funkcionális-anatómiai modellje, a *három-kódos* modell tűnik a leghelytállóbbnak. E modell szerint a számokkal kapcsolatos műveletek három mentális reprezentációs formán alapulnak. Az *auditoros (hangzó) - verbális*

---

<sup>12</sup> A számszaki pontatlanág és a válaszügy negatív összefüggése a számtani távolsággal, illetve pozitív összefüggése a számok nagyságrendjével becslési és számolási feladatokban.

<sup>13</sup> Jellegzetes 'áthallásos' tévesztés a különféle aritmetikai (összeadási és szorzási, esetleg kivonási és osztási) műveletek végzése során, mely azal függ össze, hogy a számtani tények az emlékezetben egy közös - asszociatív szerveződésű - reprezentációs rendszerben (hálózatban) tárolódnak.

*szám reprezentáció* vagy *kód* a számok nyelvi, nyelvтанilag rendezett reprezentációs 'alakja', a *vizuális arab számforma* pedig a(z arab) számok vizuális reprezentációs formája. A verbális reprezentáció teszi lehetővé a számszavak akusztikus (hallott, beszélt) és vizuális (írott, olvasott) változataival kapcsolatos, a vizuális arab kód pedig a számjegyekkel kapcsolatos input és output folyamatokat. E folyamatok a számszavak és a számjegyek megértésén és produkcióján kívül a verbális kód esetén a számolás, valamint a tanult, bevésített szorzó- és összeadási táblázaton alapuló műveletek végrehajtását, a vizuális kód esetén elsősorban a többjegyű számítások végrehajtását és a párosság megítélését jelentik. A verbális és vizuális reprezentáció közötti kommunikáció biztosítja a verbális-vizuális átfordítás, összehangolás lehetőségét mindkét irányban. E szimbolikus, diszkrét reprezentációk mellett a számok, mennyiségek nagysága analóg reprezentáció formájában képeződik le. Az úgynevezett *mentális számegyenesen* a számok, mennyiségek voltaképpen jelentését lényegében a számok, mennyiségek értékétől, nagyságától függő sajátos, specifikus, jól lokalizálható agyi aktivációs mintázatok jelenítik meg. A mennyiségek aktivációs mintázatok formájában történő megjelenítése a Weber-Fechner 'észlelési' törvény előírásait követik. E reprezentáció teszi lehetővé az összehasonlítási, hozzávetőleges kalkulációs műveletek végrehajtását vagy a (nagyság)becslési illetve szubitizációs képességeket (Dehaene 1992, 2003). A verbális illetve a vizuális reprezentációk és az analóg reprezentáció közötti kommunikációs kapcsolatok biztosítják a szimbolikus megjelenített és feldolgozott információ analóg 'értelmezését' automatikus jelentés-kivonatolás által és az észlelt mennyiségek, nagyságok nevesítését szám vagy számszó formájában.

Neuropszichológiai és képalkotó eljárások segítségével végzett vizsgálatok alapján viszonylagos pontossággal megállapítható az egyes reprezentációs formák anatómiai lokalizációja. A verbális reprezentációk, illetve a számtani tények a nyelvi területekhez kapcsolhatók, tehát a bal félteke temporális lebenyének (felső, középső és alsó-elülső) gyrusaihoz, a vizuális reprezentáció mindkét féltekében (bal féltekei dominancia mellett) az occipitális-temporális területekhez köthető, míg az analóg reprezentáció mindkét féltekében a parietális, occipitális és temporális lebenyek egymással szomszédos területein. A reprezentációk kapcsolódása anatómiailag féltekéken belüli és féltekék közötti összeköttetések révén valósul meg. Ugyanakkor a mentális aritmetikában is, főképpen bonyolultabb, több lépéses problémák esetén jelentős szerepet kap a szervezés, tervezés, ütemezés, ellenőrzés műveleteit végző - egyébként a központi végrehajtó

'lokalizálásában' is kiemelt jelentőségű - 'frontális hálózat', mely a dorsolaterális prefrontális terület és egyéb kapcsolódó területek együtteséből áll (Dehaene és Cohen, 1995).

A mentális aritmetika, illetve általában a matematikai gondolkodás iránti kísérleti pszichológiai érdeklődés egy másik vonulata a munkamemória 'értelmezési tartományában' helyezi el a problémát. Számos vizsgálat eredménye szerint a számokkal kapcsolatos műveletek munkamemória erőforrásokat vesznek igénybe (Ashcraft, 1995). E vizsgálatokban alapvető jelentőségűnek számít az úgynevezett *egyszerű* (simple) és *összetett* (complex) aritmetika megkülönböztetése, mely szintén az automatikus és kontrollált feldolgozás distinkciójára vezethető vissza. A matematikai problémák egy részében, elsősorban 10-nél kisebb számok alkalmazása esetén a végrehajtás lényegében a hosszú távú memóriában tárolt információ lehívásán, tehát automatikus, erőfeszítést nem kívánó folyamaton alapul. Ezzel szemben 10-nél nagyobb számokon végrehajtandó műveletek esetén a helyes megoldás többnyire nem adható meg automatikus előhívás alapján, hanem valódi - egyszerű, automatikus lehívásokat is magába foglaló - számítási, tehát kontrollált, erőfeszítést kívánó folyamatok szükségesek, pl. az átmeneti eredmények észben tartására, az optimális műveletvégzési sorrend biztosítására stb.. Az automatikus előhíváson alapuló 'számolás' egyszerű, a kontrollált feldolgozáson alapuló művelet végrehajtás komplex aritmetika elnevezéssel illelhető.

Úgy tűnik, hogy a munkamemória alrendszerének érintettsége a mentális aritmetikában eltérő lehet attól függően, hogy a 'feladat' milyen mértékben alapozódik automatikus, erőfeszítést nem kívánó előhívási (egyszerű aritmetika), illetve ezen felül szándékolt, nyílt számolást is magába foglaló folyamatokra (komplex aritmetika). A hagyományosnak mondható kutatási logikát követve kettős feladathelyzetben a munkamemória egyes alrendszereit érintő másodlagos feladatok hatásainak függvényében vizsgálják a matematikával összefüggő információfeldolgozási folyamatokat. Kettős feladathelyzetben, ha a másodlagos feladat téri-vizuális természetű (pl. téri-vizuális követés, irreleváns képek bemutatása), miáltal a munkamemória téri-vizuális komponense van érintve nem romlik a feladat végzés hatékonysága egyszerű aritmetikai feladatokban (Seitz és mtsai., 2000), és komplex feladatokban sem (Logie és mtsai., 1994; Seitz és mtsai., 2000). Hasonlóképpen az összeadandók vizuális hasonlósága sincs hatással a teljesítményre (Noël és mtsai. 2001). Ezzel szemben, ha a másodlagos feladat verbális (irreleváns beszéd - paszszív feladat, artikulációs elnyomás - aktív feladat), ezáltal a fono-

lógiai hurok tárolói ill. ismételtetési folyamatait akadályozza, a teljesítmény nem romlik egyszerű aritmetikai műveletek esetén (Seitz és mtsai., 2000; De Rammelaere és mtsai., 1999, 2001, ezzel szemben Lemaire és mtsai., 1996; Lee és Kang, 2002). A számolásban, valamint komplex feladatokban, azonban mind az artikulációs elnyomás (Logie és Baddeley, 1987; Logie és mtsai., 1994; Seitz és mtsai., 2000; Fürst és Hitch, 2000), mind az akusztikai hasonlóság (Noël mtsai., 2001) növeli a megoldási időt és a hibaarányt. Amennyiben a másodlagos feladat a központi végrehajtót terheli (szógenerálás, abc-rendeztés, random betűgenerálás, random intervallumgenerálás), lényegesen csökken az összeadási (Ashcraft, 1992; Lemaire és mtsai., 1996; De Rammelaere és mtsai., 1999, 2001, Logie és mtsai., 1994; Fürst és Hitch, 2000) és szorzási (Seitz és mtsai., 2000; De Rammelaere és mtsai., 2001) műveletek hatékonysága egyszerű és komplex aritmetikai feladatok esetén is. A válaszügy megnyúlik, a hibák száma nő és a helytelen válaszok messzebb esnek a helyes választól, mint verbális másodlagos feladat esetén, ahol a hibás válaszok 'pontosabbak'.

Az egyéni különbségek tanulmányozásából származó eredmények egybevágni látszanak az alap, kísérleti kutatások következtetéseivel. Nagyfokú matematikai szorongást mutató személyek teljesítménye lényegesen rosszabb nem szorongó, de azonos képességszintű társaikénál matematikai, különösen komplex, nehezebb feladatokban, (Faust és mtsai., 1996) és matematikai műveletekkel összefüggő munkamemória-kapacitás mérésekben (Ashcraft és Kirk, 2001). Ashcraft *munkamemória-matek szorongás hipotézise* (Ashcraft és mtsai., 1998) szerint (Eysenck általánosabb elképzelését felhasználva) a szorongás egyfajta másodlagos feladatként működve megakadályozza az elsődleges, matematikai 'feladatmegoldó' folyamatok működését, vagy csökkenti azok hatékonyságát. Amennyiben a szorongással való megküzdés erőforrásokat von el a feldolgozási folyamatoktól és/vagy megszakítja az éppen zajló (on line) folyamatokat, akkor ezek az eredmények indirekt érveknek, bizonyítékoknak tekinthetők (a munkamemória, főképpen pedig) a figyelmi összetevő matematikai gondolkodásban való involváltsága mellett.

Hasonló következtetésre lehet jutni a matematikai teljesítmény és az egyes munkamemória komponenseket vizsgáló eljárásokban mutatott teljesítmény összevetése alapján. Bull és munkatársai eredményei szerint (Bull és Johnston, 1997; Bull, Johnston és Roy, 1999) jó és gyengébb matematikai képességű fiatal (7 éves) személyek matematikai teljesítménye közötti különbség leginkább a központi végrehajtó működését vizsgáló eljárásban mutatott teljesítményük alapján magyarázható. Szigni-

fikáns különbség mutatkozott mentális aritmetikában jó és kevésbé jó teljesítményt nyújtó gyerekek csoportjai között a Wisconsin kártya teszt eredményeiben (elsősorban a perszeverációs hibamutatókban) az IQ és az olvasási képesség kontrollálása mellett is, míg a téri-vizuális és a verbális komponens vizsgálóeljárásaiban (Corsi kockák, verbális STM) nem. A végrehajtoi funkciókat közelebbről szemügyre véve (Bull és Scerif, 2001) megállapítható, hogy viszonylag fiatal korban (kb. 6-8 év) az egyes végrehajtoi funkciók hatékonysága (váltás, gátlás, frissítés), illetve e funkciókat vizsgáló eljárásokban mutatott teljesítmény alapján jól bejósolható a matematikai teljesítmény. Az egyes hatótényezők magyarázóereje, ha kis mértékben is függetlennek bizonyult az IQ és az olvasási képesség hatásain túlmenően is.

Az eredmények, tehát azt sugallják, hogy a téri-vizuális vázlattömbnek lehet a legkisebb jelentősége a mentális aritmetikában, úgy tűnik sem az előhíváson, sem a kalkuláción alapuló folyamatokban nem játszik szerepet. Ennek ellenére a vizuális munkamemória nyilvánvalóan szerephez juthat a matematikai gondolkodás más matematikai részterületekkel kapcsolatos aspektusaiban, pl. a geometriában (Epelboim és Suppes, 2001). Ezzel szemben a fonológiai hurok a számolásban, a számolási tények előhívásában, valamint komplex számítások esetén a számítási folyamatok egyfajta tároló helyeként [blackboard], a kezdeti és az átmeneti információk megtartásán, az átvitt értékek aktív tartásán keresztül a számítások pontosságának biztosításában játszik szerepet. Ezek az eredmények némiképpen ellentmondani látszanak Dehaene modelljének, mely szerint a vizuális és nem a verbális számrepresentációnak van kitüntetett jelentősége a többjegyű, tehát komplex számításokban.

A leginkább egybevágó és egyértelmű adatok a mellett szólnak, hogy a mentális aritmetika automatikus-előhívási, és szándékolt-számítási folyamatai egyaránt nagymértékben alapozódnak figyelmi, központi-végrehajtoi erőforrásokra. Az előhívási folyamatokban a kódolási és válasz szervezési szakaszokon túlmenően az automatikusan aktiválódó (szorzó- vagy összeadási táblázat függő [table related]) helytelen alternatívák gátlásában juthat szerephez. Nyílt számításokban, kalkulációban a számítási algoritmusok és heurisztikák kiválasztásában, procedurális emlékezetből történő lehívásában, váltásában, lefuttatásában, de akár a becslési folyamatokban is megmutatkozik. Ugyanakkor valószínűsíthető, hogy a matematikai készségek fejlődésével az egyes munkamemória komponensek jelentősége módosul, illetve megfordítva, a munkamemória rendszer fejlődésével az egyes komponensek (matematikai)teljesítményt meghatározó jelleg módosul.

II. rész  
EMPIRIKUS VIZSGÁLATOK

DUPress

## 6. A VIZSGÁLAT<sup>14</sup> ÁTTEKINTÉSE ÉS A HIPOTÉZISEK

Vizsgálatunk alapvető célja a matematikai kiválóság és a megismerési folyamatokban központi jelentőséggel bíró munkamemória, különösképpen az ellenőrző, figyelmi rendszer hatékonysága közötti lehetséges összefüggések tisztázása. Matematikában tehetséges és kevésbé tehetséges gyerekek összehasonlítása és esetleges eltérések tapasztalása a kontrollfunkciók hatékonysága szempontjából lehetővé teszi a matematikai intelligencia és az elemi szintű feldolgozási folyamatok összefüggésének értelmezését. Vizsgálatunk sajátossága, hogy a kevésbé jól mérhető matematikai kiválóság szempontjából kíséreljük meg a vizsgálati és a kontroll csoport kialakítását, majd a precízebben és árnyaltabban mérhető végrehajtó működések hatékonyságának összehasonlításában tapasztalható eltéréseket vetítjük vissza a csoportkülönbségeket meghatározó tényezőkre. Másképpen fogalmazva, a kísérletezés természetes logikájával ellentétesen a függőváltozóban tapasztalható sajátosságok alapján újraértelmezzük a független változóban csak látens módon jelenlévő, azaz csupán feltételezett hatótényezőket. A fordított eljárás - noha az ok-okozati meghatározottság iránya ezt kívánná -, azaz a kontrollfunkciók hatékonysága szerint kialakított csoportok összehasonlítása matematikai teljesítmény alapján, vagy a matematikai teljesítmény szintjének predikciója a végrehajtói kontroll hatékonyságából, az okozat, vagyis a matematikai kiválóság nehezkesebb, és 'durvább' mérhetősége miatt nem volna megbízható. Mindebből az is következik, hogy vizsgálatunk megbízhatósága, következtetéseink megalapozottsága és helytállósága szempontjából kulcsfontosságú a vizsgálati személyek gondos megválogatása.

A vizsgálat bemutatás első részében ismertetjük azon megfontolásainkat, melyek meghatározták általában a tehetségazonosítási eljárásunk jellegét, és részleteiben a csoportok kialakításának sémáját. A tehetségazonosítás és a szelekció alapvető előfeltétele, hogy a matematikai kiválóság nem véletlenszerű összefüggésben van azokkal a jelekkel, melyek alapján, hagyományosan a matematikai kiválóság megítéltetik. Ebből következően a vizsgálóeszközök megválogatása tükrözni fogja a tehetségkutatásban kialakult hagyományt. A csoportok kialakításának célja, hogy jól körülírható szempontok szerint a lehető legnagyobb különbséget biztosítson a tehetségesek és a kontroll személyek csoportja között úgy, hogy a különbség ellenére megőrizze a

---

<sup>14</sup> A vizsgálatokra a 2000-ben és 2001-ben került sor.

csoportok összehasonlíthatóságát. A matematikai intelligencia és a kontrollfunkciók hatékonysága közötti összefüggések vizsgálatában a hatótényezők lehetőség szerinti legpontosabb körülhatárolására törekszünk. Ezért már a csoportok kialakítása során megpróbáljuk az általános intelligencia ( $g$  esetleg  $gf$ ) és a matematikai intelligenciára nézve specifikus tényezők különválasztását, azaz biztosítani szeretnénk, hogy a csoportok kialakítása elsősorban a matematikai teljesítményt meghatározó matematikai képességek és ne az általános (nem matematika specifikus) intellektuális képesség(ek) (IQ) alapján történjen meg.

A vizsgálat bemutatás második részében ismertetjük a kísérleti személyek által végrehajtott laboratóriumi kísérletek sajátosságait és az eredményeket. A kísérleti eljárások kialakításának célja, hogy olyan helyzetekben tegyen lehetővé összehasonlíthatókat a két csoport teljesítményére nézve, ahol a teljesítmény leglényegesebb meghatározója a végrehajtói kontroll funkciók hatékony működése. Más szóval a központi végrehajtó működését jól kontrollálható feltételek mellett tesztelő kísérleti helyzeteket alakítottunk ki. A végrehajtói működések tanulmányozása alapvetően figyelemorientált, azaz elsősorban a figyelemkutatás módszertana szerint válogattuk meg vizsgálóeljárásainkat. Első kísérletünk a figyelmi váltás jelenségeit vizsgálja a *feladat-váltás* eljárást használva. Második kísérletünkben ugyanezen eljárás egy módosított változatát használtuk az első kísérlet általános, és a csoportokkal összefüggő eredményei kapcsán felmerült problémák tisztázása érdekében. Mindkét kísérletben a teljesítményt jellemző mutató, a *váltási veszteség* mértéke a *figyelem váltás*, mint végrehajtói kontrollfunkció hatékonyságának mérőszámaként értelmeződik. Harmadik kísérletünkben a figyelem szelektív aspektusát vesszük szemügyre egy Stroop jellegű eljárás, a *zaj-kompatibilitási* feladat felhasználásával. Ezen túlmenően, a feladat-váltás eljárás, jellegéből következően alkalmas a figyelmi szelektív jelenségeinek tanulmányozására is. Mindkét esetben a figyelem szelektív működésével összefüggő teljesítmény indexek, a *szelektív veszteség* mutatók a *szelektív* vagy *gátlás*, mint végrehajtói kontroll funkció hatékonyságát jellemző mérőszámokként használhatók. Negyedik vizsgálatunkban a munkamemória kapacitásának meghatározását végezzük az *olvasási terjedelem teszt* felhasználásával. Az eljárás lehetővé teszi a munkamemória kettes működésmódjának, az egyidejű tárolási és feldolgozási műveletek végzésének vizsgálatát, illetve a számított mutató alkalmas e 'képeség' jellemzésére, ugyanakkor a *frissítés*, mint önálló végrehajtói kontroll funkció, vagy *frissítési kapacitás* jellemzéseként is értelmezhető.

A kísérletek során kiszámított, a kontrollfunkciók hatékonyságának jellemzésére használt teljesítményindexek, illetve a munkamemória kapacitás mutató szerint végzett csoport összehasonlítások lehetővé teszik a matematikai intelligencia és a központi végrehajtó működése közötti kapcsolat értelmezését. A csoportok összehasonlításakor elsődleges jelentősége a reakció idő adatok alapján számított teljesítmény indexeknek van, a hibaelemzés főképpen a reakcióidők elemzéséből kiinduló következtetéseink helytállóságát biztosíthatják. A csoportok közötti különbség az adott feladatban meghatározó tényező eltérését mutatja, vagyis, a veszteségmutatók, vonatkozásában a központi végrehajtó ellenőrző, kontrolláló funkciójának eltérő hatékonyságát, illetve a munkamemória kapacitás vonatkozásában az egyidejű tárolási és feldolgozási kapacitás nagyságkülönbségét. Amennyiben a csoportkülönbségek a matematikában tehetségek csoportja javára mutatkoznak meg, akkor a hatékony kontroll működés illetve a nagyobb kapacitás és a matematikai intelligencia együtt járása is megállapítható. Ez esetben, az ok-okozati rendre tekintettel, a hatékonyabb végrehajtói kontroll funkciók (figyelmi váltás, figyelmi szelekció) illetve a nagyobb munkamemória kapacitás (esetleg, mint emlékezeti frissítés), mint a matematikai kiválóság részbeni meghatározó tényezőiként értelmezhetők. Általánosítva, egyebek mellett a központi végrehajtó ellenőrző, kontrolláló funkciói illetve a párhuzamos feladatvégzési kapacitás, mint a matematikai intelligenciában okilag meghatározó tényezők, illetve mint összetevő komponensek mutatkoznak meg.

E következtetés helytállóságát egyéb szóba jöhető tényezők alapján megfogalmazható értelmezések elutasítása erősítheti. Az általános intelligencia szintjének (IQ) figyelmen kívül hagyása a csoportok kialakításakor, biztosítja, hogy a csoportok nem az általános intelligencia ( $g$ ) alapján lettek kialakítva, de nem biztosítja, hogy a csoportok nem különböznek az átlagos intelligencia szint szempontjából. Ebből következően a laboratóriumi adatok és a pszichometrikus adat (olvasási terjedelem) vonatkozásában felvethető az általános intelligencia elsődleges meghatározó szerepe. Hasonlóképpen az általános munkamemória kapacitás (illetve az ekként értelmezhető olvasási terjedelem mutató) is értelmezhető úgy, mint ami meghatározó erejű a váltási és szelekciós teljesítmény alakulására nézve. Ennek megfelelően megvizsgáltuk az IQ és a munkamemória kapacitás kölcsönös összefüggésének lehetőségét, illetve leellenőriztük mindkét tényező magyarázó erejét valamennyi teljesítményindex (váltás veszteségek, szelekciós veszteségek) szempontjából. Ez a hatótényezők kü-

lönválasztására irányuló törekvés megmutatkozik abban is, hogy a csoportok közötti különbségeket az intelligencia szint és a munkamemória kapacitás hatásainak kiszűrését követően is megvizsgáltuk.

Végül a hatótényezők kölcsönös összefüggésére irányuló elemzések lehetőséget adnak a központi végrehajtó egységessége-összetettsége kérdésének vizsgálatára, illetve az állásfoglalásra az ellenőrző, kontrolláló funkciók különválaszthatósága, körülhatárolhatósága problémájában.

Mindezek után hipotéziseink<sup>15</sup> a következőképpen fogalmazhatók meg:

**1. hipotézis:** a matematikai intelligenciában, mint sajátos *képesség struktúrában* döntő jelentősége van egyebek mellett a munkamemória *központi végrehajtó* komponensének tulajdonított ellenőrző, kontrolláló működéseknek, avagy a *végrehajtói kontroll funkcióknak*.

Az 1. hipotézis igazolható amennyiben fennáll:

**2. hipotézis:** a matematikai intelligencia esetében kimutatható *egyéni különbségek* a munkamemória központi végrehajtó komponensének tulajdonított ellenőrző, kontrolláló működések, avagy a *végrehajtói kontroll funkciók hatékonyságbeli* eltéréseire vezethetők vissza.

A 2. hipotézis igazolható amennyiben fennáll:

**3. hipotézis:** a matematikai tehetség nagysága 'szerint' kialakított *csoportok között* jelentős *különbség* mutatkozik a *tehetséges* személyek csoportja javára

**3.A hipotézis:** a figyelmi váltás és/vagy

**3.B hipotézis:** figyelmi *szelekció* mint végrehajtói kontroll-funkciók hatékonyságában

és/vagy

**3.C hipotézis:** emlékezeti *frissítés*, vagy *frissítési kapacitás* mértékében.

A 3.A hipotézis igazolható amennyiben fennáll:

---

<sup>15</sup> A hipotézisekben bennefoglalt 'tézisek' az elméleti részben elmondottak alapján, ha nem is bizonyítottak, de legalább is elfogadottaknak tekinthetők: pl. a feladat-váltás eljárás a figyelmi váltás kontrollfunkciót vizsgálja. A hipotézisekben nem térünk ki az elfogadhatóság statisztikai kritériumaira.

**4. hipotézis:** a *feladat-váltás* eljárások keretében mérhető *váltási veszteség* mutatók mértékében a matematikai tehetség 'nagysága' szerint kialakított *csoporthoz* között jelentős *különbség* figyelhető meg a *tehetséges* személyek csoportja javára.

A 3.B hipotézis igazolható amennyiben fennáll:

**5. hipotézis:** a *feladat-váltás* eljárások keretében mérhető *szelekciós veszteség* mutatók mértékében a matematikai tehetség 'nagysága' szerint kialakított *csoporthoz* között jelentős *különbség* figyelhető meg a *tehetséges* személyek csoportja javára.

és /vagy

**6. hipotézis:** a *zaj-kompatibilitási* eljárás keretében mérhető *szelekciós veszteség* mutató mértékében a matematikai tehetség 'nagysága' szerint kialakított *csoporthoz* között jelentős *különbség* figyelhető meg a *tehetséges* személyek csoportja javára.

A 3.C hipotézis igazolható amennyiben fennáll:

**7. hipotézis:** az emlékezeti frissítés mutatóként értelmezett *olvasási terjedelem* nagyságában a matematikai tehetség 'nagysága' szerint kialakított *csoporthoz* között jelentős *különbség* figyelhető meg a *tehetséges* személyek csoportja javára.

A 4., 5., és 6. hipotézisekben megfogalmazottak *megbízhatóan* igazolják a 3.A és 3.B hipotézisben foglaltakat amennyiben fennáll:

**8. hipotézis:** egyik kísérletben *sem igaz*, hogy a *hibaadatok* esetén a matematikai tehetség 'nagysága' szerint kialakított *csoporthoz* között jelentős *különbség* figyelhető meg a *kontroll* személyek csoportja javára.

A 3.A, 3.B és 3.C hipotézisek elfogadása esetén a végrehajtoi kontroll hatékonysága és a matematikai intelligencia összefüggésére vonatkozó hipotéziseink (1-2.) *érvényesek*<sup>16</sup> amennyiben fennáll:

**8. hipotézis:** a *munkamemória kapacitás* nagysága *nem* mutat összefüggést  
sem

<sup>16</sup> Az érvényesség ez esetben azt jelenti, hogy a hipotézisben megfogalmazott és feltételelesen igazolt összefüggés a két 'tényező' között valóban a két *nevezett* 'tényezőre' vonatkozik, azaz egyfelől a matematikai intelligenciára és nem másra (pl. az általános intelligenciára), másfelől a végrehajtoi kontrollfunkciókra és nem másra (pl. általános munkamemória kapacitásra).

**8.A hipotézis:** a figyelmi *váltás*

sem

**8.B hipotézis:** a figyelmi *szelekció*, mint végrehajtói kontrollfunkciók hatékonyságával.

és amennyiben fennáll:

**9. hipotézis:** az *általános intelligencia* szintje (IQ) nem mutat összefüggést

sem

**9.A hipotézis:** a figyelmi *váltás*

sem

**9.B hipotézis:** a figyelmi *szelekció*, mint végrehajtói kontrollfunkciók hatékonyságával

sem

**9.C hipotézis:** emlékezeti *frissítés*, vagy *frissítési kapacitás* mértékével.

A 8.A hipotézis igazolható amennyiben fennáll:

**10.A hipotézis:** a *váltási veszteség* mutatók nagysága egyik *feladat-váltási eljárásban* sem függ össze az általános munkamemória kapacitás mérőszámaként értelmezett *olvasási terjedelem* nagyságával.

és

**10.A.B hipotézis:** az általános munkamemória kapacitás hatásának kiszűrése után továbbra is jelentős *különbség* figyelhető meg a *váltási veszteség* mutatók nagysága szempontjából a matematikai tehetség 'nagysága' szerint kialakított *csoportok között* a *tehetséges* személyek csoportja javára.

A 8.B hipotézis igazolható amennyiben fennáll:

**11.A hipotézis:** a *szelekciós veszteség* mutatók *feladat-váltási eljárásokban* mért nagysága nem függ össze az általános munkamemória kapacitás mérőszámaként értelmezett *olvasási terjedelem* nagyságával.

és

**11.A.B hipotézis:** az általános munkamemória kapacitás hatásának kiszűrése után továbbra is jelentős *különbség* figyelhető meg a *szelekciós veszteség* mutatók feladat-váltási eljárásokban mért nagysága szempontjából a matematikai tehetség 'nagysága' szerint kialakított *csoportok között* a *tehetséges* személyek csoportja javára.

és/vagy

**11.B hipotézis:** a *szelekciós veszteség* mutató *zajkompatibilitási eljárásban* mért nagysága nem függ össze az álta-

lános munkamemória kapacitás mérőszámaként értelmezett *olvási terjedelem* nagyságával.

és

**11.B.B hipotézis:** az általános munkamemória kapacitás hatásának kiszűrése után továbbra is jelentős *különbség* figyelhető meg a *szelekciós veszteség* mutató zaj-kompatibilitási eljárásban mért nagysága szempontjából a matematikai tehetség 'nagysága' szerint kialakított *csoporthoz* között a *tehetséges* személyek csoportja javára.

A 9.A hipotézis igazolható amennyiben fennáll:

**12.A hipotézis:** a *váltási veszteség* mutatók nagysága nem függ össze az *általános intelligencia* (IQ) szintjével.

és

**12.A.B hipotézis:** az általános intelligencia (IQ) szint hatásának kiszűrése után továbbra is jelentős *különbség* figyelhető meg a *váltási veszteség* mutató nagysága szempontjából a matematikai tehetség 'nagysága' szerint kialakított *csoporthoz* között a *tehetséges* személyek csoportja javára.

A 9.B hipotézis igazolható amennyiben fennáll:

**13.A hipotézis:** a *szelekciós veszteség* mutatók *feladat-váltási* eljárásokban mért nagysága nem függ össze az *általános intelligencia* (IQ) szintjével.

és

**13.A.B hipotézis:** az általános intelligencia (IQ) szint hatásának kiszűrése után továbbra is jelentős *különbség* figyelhető meg a *szelekciós veszteség* mutatók *feladat-váltási* eljárásokban mért nagysága szempontjából a matematikai tehetség 'nagysága' szerint kialakított *csoporthoz* között a *tehetséges* személyek csoportja javára.

és/vagy

**13.B hipotézis:** a *szelekciós veszteség* mutató *zaj-kompatibilitási* eljárásban mért nagysága nem függ össze az *általános intelligencia* (IQ) szintjével.

és

**13.B.B hipotézis:** az általános intelligencia (IQ) szint hatásának kiszűrése után továbbra is jelentős *különbség* figyelhető meg a *szelekciós veszteség* mutató *zaj-kompatibilitási* eljárásban mért nagysága szempontjából a matematikai tehetség 'nagysága' szerint kialakított *csoporthoz* között a *tehetséges* személyek csoportja javára.

A 9.C hipotézis igazolható amennyiben fennáll:

**14.A hipotézis:** az emlékezeti frissítés mutatóként értelmezett *olvasási terjedelem* nagysága nem függ össze az *általános intelligencia* (IQ) szintjével.

és

**14.A.B hipotézis:** az általános intelligencia (IQ) szint hatásának kiszűrése után továbbra is jelentős *különbség* figyelhető meg az *emlékezeti frissítés* mutatóként értelmezett olvasási terjedelem nagysága szempontjából a matematikai tehetség 'nagysága' szerint kialakított *csoportok között a tehetséges* személyek csoportja javára.

**15. hipotézis:** a központi végrehajtónak tulajdonított ellenőrző, szabályozó működések több független kontrollfunkciót takarnak.

A 15. hipotézis igazolható amennyiben fennáll:

A **10.A** és/vagy **11.A** és/vagy **11.B** hipotézis, azaz a *munkamemória kapacitás* és a *váltási veszteség* mutatók és/vagy a *munkamemória kapacitás* és a *szelektív veszteség* mutatók függetlennek bizonyulnak.

A 15. hipotézis indirekt módon igazolható amennyiben fennáll:

A **10.A.B** és/vagy **10.A.B** és/vagy **10.B.B** hipotézis, azaz a matematikai tehetség 'nagysága' alapján kialakított csoportok eltérő mértékben különböztethetők meg az egyes mutatókban megragadott hatótényezők alapján.

## 7. A MATEMATIKAI TEHETSÉGEK AZONOSÍTÁSA

### 7.1. ELŐZETES MEGJEGYZÉSEK

Vizsgálatunk első szakaszában célunk olyan személyek kiválasztása volt, akiknek segítségével majdan lehetővé válik a matematikai intelligencia és a végrehajtoi működések hatékonyságának összefüggésére vonatkozó hipotéziseink ellenőrzése. Ennek megfelelően, matematikában kiváló és viszonyítási pontként, matematikában kevésbé jó személyek azonosítására törekedtünk. Ezzel kapcsolatban idejekorán szükséges leszögezni, hogy a matematikai kiválóság nem egy egzakt módon meghatározható 'tulajdonság', mérésére nem áll rendelkezésre kidolgozott, sztenđer mérőeljárás, legalább is hazánkban. Továbbá a mérhetőség és a beazonosíthatóság szempontjából felvetődő problémákkal kapcsolatosan, inkább példaszerűen, mint szisztematikusan a következő megállapításokat lehet tenni. A matematikai teljesítőképesség nem egyszer s mindenkorra meghatározott, a kognitív tényezők mellett nagymértékben függvénye olyan 'személyen belüli' tényezőknek, mint a személy matematika irányába mutatott érzelmi beállítódása, az értékeléssel (vizsga vagy kiértékelési szituáció) kapcsolatos előzetes tapasztalatai, az ilyen helyzetekben szerzett gyakorlata, rutinja. Olyan teljesítmény meghatározó, nem matematika specifikus dolgokról nem is szólva, mint a szorongás, éberség, testi-lelki fittség, melyeket, általánosságban „intelligencia, mint lelkiállapot” néven említhetünk. Továbbá, az iskola jellege, az iskolában használt tanterv, a tanár személyisége, oktatói rutinja és így tovább olyan környezeti hatótényezők, melyek a teljesítmény szempontjából a matematikai adottságok, képességek együttesével legalább „additív” viszonyban lehetnek. Az úgynevezett szociológiai faktorok (pl. szülők végzettsége, szocio-ökonómiai helyzete) szintén, mint környezeti hatótényezők áttételesen, vagy közvetlenül hatással lehetnek a személyek teljesítőképességére. Mindezen tényezők kizárása, vagy legalább kontroll alatt tartása egy nem e tényezők hatásmechanizmusának vizsgálatára irányuló kutatásban szinte lehetetlen. Mindezekre tekintettel a potenciális kísérleti személyeink felkutatásában, azonosításában és részben a későbbi laboratóriumi kísérleteinkben a következő heurisztikákat követve jártunk el:

1. *Fogalomhasználati heurisztika:* E ponttól kezdve a „matematikai intelligencia” kifejezés használatát a matematikával kapcsolatos általános, tág értelemben vett teljesítményt meghatározó intelligencia faktorok, vagy képességek

együttesének jelölésére korlátozzuk. A teljesítmény egyéni különbségeiről szólván, az átlag alatti vagy átlagos teljesítményhez képest magas, vagy kiemelkedő teljesítmény produkálásának jelölésére, illetve ilyen teljesítményre képes személyek megnevezésére a „matematikai tehetség” kifejezést használjuk. A matematikai intelligencia, tehát olyan, a szó szoros értelmében vett változó, vagy változó komplexum, mely a teljesítménybeli eltérésekért felelőssé tehető. A matematikai tehetség, pedig a matematikai intelligencia, azaz az e kifejezéssel megnevezett tényezők magas szintje, fejlettsége következtében, de egyéb hatótényezők közreműködésekképpen is, jelenik meg. Itt jegyzém meg, hogy a magyar tehetség kifejezésnek, talán etimológiai okokból, a szóban szereplő feltételes mód jelzet miatt, van egyfajta anticipatív, jövőre utaló jelentésárnyalata. Ezen esetlegességtől függetlenül, általában is a tehetség, így a matematikai tehetség kutatása (és általában a tudomány is) a jövőben várható teljesítmény bejósolására irányul. Ez utóbbi megállapítást is tekintetbe véve, a matematikai tehetség, tehát a matematikai intelligencia azon szintje, mely a matematika területén a jövőben nagy valószínűséggel eredményez jelentős teljesítményt. A jelen állapot prediktív ereje, azonban nem azonos a fejlődés különböző fázisaiban. A matematikai tehetség egyes jelei korán megjelennek, ugyanakkor a tizenéves kor előtti jelek kevésbé megbízhatóak a későbbi fejlődési irányra nézve (Gyarmathy, 2002, Gefferth, 1981). Továbbá általános megfigyelés, hogy kimagasló - legalább is originalitását tekintve jelentős - matematikai teljesítmény szinte kizárólag körül-belül a 30. életév előtt jelentkezik, nagy valószínűséggel az ifjúkorban (18. és a 25. évek által határolt sávban). Mindezen megfontolások érvényre jutnak a vizsgált korosztály megválasztásában.

2. *Keresési heurisztika* „nyuszi ül a fűben”: A tehetséges személyeket ott keressük, ahol nagy valószínűség szerint vannak. A magyar oktatási rendszer sajátossága - nézőpont kérdése, hogy kívánatosnak vagy megváltoztatandónak minősítjük -, hogy a diákok képességeiktől függően bizonyos 'erővonalak' mentén jutnak el az egyes oktatási intézményekbe az oktatás minden szintjén. A diák vélt vagy valós, mindenesetre észlelt, legtágabb értelemben vett képességei egyfelől, az oktatási intézmény vélt vagy valós, mindenesetre tulajdonított fejlesztői potenciálja másfelől

kölcsönhatásában alakultak ki az idők során azon 'erőcentrumok', melyek szak- és általános képzésű iskolák, tagozatos iskolák és speciális képzésű osztályok, illetve legfelsőbb szinten egyetemi karok, és azon belül szakok eltéréseiben és sajátos karakterében tapinthatók ki. Ennek megfelelően, matematikában tehetséges, vagy jó képességű személyeket könnyebben találhatni matematikaoktatásra szakosodott intézményekben, osztályokban. Ez a szempont határozza meg, hogy mely iskolákat választjuk a vizsgálati személyek felkutatásakor.

3. *Hatásértelmezési heurisztika* „minden út Rómába vezet”: A fentebb említett környezeti és 'szociológiai' tényezők hatása nem csupán a képességek fejlesztésének lehetőségeit, hanem maguknak a képességeknek belső, mondhatni természetesen alakulását, fejlődését is meghatározhatják, természetesen pozitív irányban éppúgy mint negatív irányban. Azonban a tehetség szakirodalomban gyakran előforduló megállapítást követve, miszerint „a tehetség utat tör magának”, feltételezzük, hogy e külső hatásokra, vagy éppen e hatások ellenében a személy képességei, előbb vagy utóbb az érzékelhetőség küszöbeit meghaladó mértékben nyilvánulnak meg, a (automatikus vagy szándékolt) figyelmet magukra irányítva.
4. *Kiértékelési heurisztika* „bolhából nem lesz elefánt”: A képességek, mint látens háttérváltozók, megragadására egyetlen lehetőség megnyilvánulásuk folyamatában, azaz általában vett teljesítményhelyzetben történő becslése. Az adottságok teljesítményen keresztül történő mérésének statisztikus szemlélete alapján valószínűsíthető, hogy a különböző alkalmakkor, különféle 'technikák' segítségével mért teljesítmény a képességek reális szintjének jó közelítését adja. Mindeközben bizonyítatlan előfeltevésként marad, hogy a teljesítmény nem lehet több, jobb, magasabb, mint az alapjául szolgáló képesség szintje, és hogy a személy a tőle telhető legnagyobb odaadással, odafigyeléssel erőfeszítéssel végzi a feladatát.
5. *Tehetségazonosítás, mint heurisztika*: A tehetségazonosításra irányuló vizsgálatunk általános kerete és kiindulópontja a tehetség legnépszerűbb, leggyakrabban 'használt', Renzulli (1986) nevéhez kötött, úgynevezett *három körös* modellje. Mindazonáltal, a tehetség e modellje sem tekint-

hető a tehetség beazonosítás általános algoritmusának, sokkal inkább a kiválasztásban (tehetségkutatás, pedagógiai, tehetséggondozói programok során) használható, használható eszközök meghatározásához nyújtott irányelv-ként. Számos nemzetközi, és hazai tehetség vizsgálatot végeztek ebben a szellemben a tehetség legkülönbébb elméleti és gyakorlati problémáival kapcsolatosan referenciapontot biztosítva vizsgálatunk számára, és lehetővé téve, hogy az alkalmazott (matematikai) tehetség-azonosítási eljárásunk összemérhetővé váljék más hasonló vizsgálatokkal. Eszközeinket, tehát igyekeztünk úgy megválogatni, hogy tükrözze a tehetségkutatásban érvényesülő hagyományt. Ennek megfelelően az azonosításhoz használt eszközeink egyaránt irányulnak a tehetség kognitív (általános intellektuális képességek, speciális képességek, kreativitás) és a személyiség egészével összefüggő (motivációs tényezők) komponenseire és áttételesen a környezeti feltételekre is.

6. *Eredmény-értelmezési heurisztika*: A kísérletek során nyert adatok elemzése, azaz az alkalmazott statisztikai eljárások eredményeinek értelmezése alkalmanként meglehetősen bonyolult, összetett összefüggések feltárását, megfejtését és megvilágítását kívánja. Ezért az eredmények bemutatásakor „az egész nem lehet kevesebb, mint a részek összessége” elv jegyében járunk el, azaz a hatások jelentőségétől, szignifikanciájától függetlenül, a globálisabb, átfogóbb összefüggések elemzése és bemutatása felől haladunk az összetettebb, árnyaltabb, 'nagyobb felbontású', és egyúttal a leginformatívabb viszonylatok értelmezése felé. Ez azt jelenti, hogy az általános hatásokból (fő hatások) kiindulva próbáljuk meg fölfejtetni a hatótényezők együttes jelenléte következtében előálló hatás-módosulások (interakciók) értelmét. Ez az eljárás a vizsgálatunk prioritási rendjének megfordulásával jár - természetesen csupán a kifejtés szintjén -, amennyiben a legfontosabb (a Tehetséges és Jó csoport közötti különbségekre irányuló) vizsgálati kérdéseink megválaszolása az alap (kísérleti) effektusok értelmezése mögé szorul, ugyanakkor azzal az előnnyel jár, hogy az esetlegesen megmutatózó csoportkülönbségek jelentősége tisztábban és világosabban kifejezhető lesz.

## 7.2. A VIZSGÁLATI SZEMÉLYEK KIVÁLASZTÁSA

### 7.2.1. A VIZSGÁLATBA VONT KOROSZTÁLY

Az életkorra vonatkozó előzetes megfontolásaink alapján (1. heurisztika) vizsgálatunk középiskolás, 13-14 éves diákok csoportjaira irányult. Ebben az életkorban a matematikai képességek vizsgálata alapján megbízható jóslatokat lehet tenni a későbbi matematikával kapcsolatos teljesítmény színvonalára nézve. A vizsgált életkor így kellően távol van attól az időszaktól, amikor a képességek, adottságok értékelése a jövőbeli teljesítmény alakulásának szempontjából kevésbé megbízható, és megfelelően közel, a képességek alapján elvárható teljesítmény-maximum megjelenési időszakához.

### 7.2.2. VIZSGÁLATI HELYSZÍN

A vizsgálatban (a 2. heurisztika alapján) két debreceni gimnázium öt osztályának tanulói vettek részt. A Fazekas Mihály Gimnázium tagozatos formában működő matematika oktatását hazai és nemzetközi tanulmányi versenyeken elért kiemelkedő sikerek fémjelzik. A Debreceni Egyetem Kossuth Lajos Gyakorló Gimnáziuma a DE Pszichológiai Intézete Pedagógiai-Pszichológia Tanszékének koordinálásában működő SOCRATES-COMENIUS nemzetközi tehetséggondozási programba bekapcsolódott iskola.

### 7.2.3. SZEMÉLYEK

Vizsgálatunkban összesen 112, (54 lány és 58 fiú) vett részt. A hatosztályos formában tanulók szóbeli matematika felvételi vizsgán estek át 12 éves korukban, ennek megfelelően a vizsgálat időpontjában kb. két és fél éve emelt óraszámú (átlagosan 6-7 óra/hét, hat éven keresztül, az érettségiig) tanulnak matematikát a NAT matematika tagozatos iskolákra vonatkozó előírásainak megfelelő tanmenet szerint. A négyosztályos formában tanulók írásbeli felvételt tettek a nyolcadik osztály elvégzése után, vagyis körül-belül fél éve tanulnak intenzíven (átlagosan 6-7 óra/hét, négy éven keresztül) matematikát. A diákok harmadik része általános tantervű osztályban, heti 3-4 órában tanul matematikát négy vagy hat éven keresztül.

#### 7.2.4. KÖRNYEZETI TÉNYEZŐK

A család és az iskola, mint környezeti változók hatása csupán indirekt módon ragadható meg. A család felől érkező hatások megítéléséhez egyetlen támpont az iskolaválasztás. (A gyerekek képességeinek megfelelően választottak iskolát.) Az iskolai és családi környezet, tehát a tehetség kibontakozása szempontjából optimálisnak mondható.

A 1. Melléklet mutatja a diákok megoszlását a fentebbi szempontok, azaz az iskola, a képzési forma illetve nemek szerint.

#### 7.2.5. VIZSGÁLATI ESZKÖZÖK

A Renzulli-féle tehetségmodell iránymutatásait követve (5. heurisztika) hagyományos pszichometriai eszközöket, papírceruza tesztet és kérdőívet használtunk a matematikai tehetség háttérében feltételezhető tényezők mérhetővé tétele érdekében. Az alkalmazott eszközök és az általuk megragadott komponensek listája a következő:

1. *Raven Advanced Progressive Matrices* (Raven, 1983) - produktív, nem verbális intelligencia

A diákok intelligencia szintjének megbecslésére a Raven intelligencia teszt nehezített változatát használtuk, mely szakirodalmi adatok alapján a nem verbális absztrakciós képesség, azaz az általános fluid intelligencia faktor (*gf*) mérésére az egyik legjobb mérőeszköz és valószínűleg a *g* faktor legjobb közelítése is egyúttal (Gustaffson, 1994). A számított intelligenciamutató a rendelkezésre álló idő (30 perc) alatt helyesen megoldott teszt itemek száma. A becsült intelligencia hányados a sztenderd módszer szerint számított IQ életkort figyelembevevő korrekciója alapján határozható meg.

2. *Torrance Kreatív gondolkodás teszt* (Torrance, 1966) - divergens gondolkodás

A kreativitás értékelésére használt teszt mutatói a verbális (Szokatlan használat teszt, Távoli asszociáció teszt) és a figurális (Körök teszt, Képbefejezés teszt) altesztekre külön-külön számított originalitás, flexibilitás és fluencia pontszámok úgynevezett T transzformáció után kapott értékeiből, illetve ezek két globális kreativitásmutatóvá (verbális kreativitás, figurális kreativitás) történő összevonásából adódik. Ez utóbbi, globális mutatókat használtuk a csoportba soroláskor.

### 3. *Iskolai Motivációs kérdőív* (Kozéki és Entwistle, 1983) – tanulási motiváció

A motivációs kérdőív független faktorok szerint, a tanuláshoz való viszony különféle – érdeklődésen alapuló, inkább kognitív (Érdeklődési), társas-szociális meghatározottságú (Követő), illetve a teljesítés kötelezettség jellegén alapuló, morális (Teljesítő) – dimenzióiban ragadja meg a diákok tanulás iránti motivációjának, elkötelezettségének, illetve a tanulással szembeni ellenérzésének (Presszióérzés) mértékét. Az egyes faktorokhoz tartozó itemekre adott válaszok összege illetve átlaga eredményezi a motivációs mutatókat.

### 4. *Matematikai verseny-feladatsor* – a matematikai képességek objektív értékelése

A speciális matematikai képesség szintjének ellenőrzésekor, az egyes, a matematikai teljesítményben szerepet játszó matematikai, vagy matematika specifikus kognitív képességeket azonosító eljárás híján, egy – prediktív validitását tekintve a hazai oktatási rendszerben bevált tehetségazonosítási módszer, a tanulmányi verseny bevett eszköze – matematikai verseny-feladatsort használtunk. A matematikai verseny-feladatsor egy 8. osztályosok számára Erdélyben rendezett matematikai tanulmányi verseny feladatait tartalmazta. Tekintettel a két országban alkalmazott matematikaoktatás tantervi, tanmeneti eltéréseire a feladatok megfelelő nehézségűek és megfelelően újszerűek voltak a diákok számára. A feladatsor hat felelet-választós tesztkérdésből és négy nyitott, egy-egy matematikai probléma megoldását, tétel bizonyítását igénylő feladatból állt (2. Melléklet). A számított mutató a helyesen megoldott feladatok száma, illetve az összes feladathoz képest a helyesen megoldott feladatok százalékos aránya.

### 5. *Tanári vélemény kérdőív* – a matematikai képességek szubjektív értékelése

A tanári vélemény kérdőívben, a tanárokat arra kértük, hogy értékeljék a diákokat hangsúlyozottan a matematikai képességek, illetve matematikai teljesítmény szempontjából egy ötfokú skálán tíz megadott szempont szerint. A kérdéseket a 3. Melléklet mutatja. A kérdések a matematikai tehetség mibenlétével kapcsolatos, részben a tehetség szakirodalomban, részben a tanárok egyéni tapasztalataiban kikristályosodott legfontosabb tényezőket érintették, úgymint eredetiség, kritikai érzék, emlékezet, érdeklődés stb.. A kérdések részben Gyarmathy Éva (1996) által használt, részben saját kérdések voltak. A szubjektív vélemény

mutató egy diák esetén az egyes itemekre adott pontértékek összege. Az öt osztálynak öt különböző tanár tanítja a matematikát, ennek megfelelően a tanároknak nem állhatott módjukban sem tanártársaik véleményéhez, sem más osztályba tartozó diákok 'képeségeihez' igazítani saját értékeléseiket. Ebből következően egy diák pontszáma csupán az osztálytársak pontszámához képest informatív.

6. *Matematika és fizika érdemjegyek* - a diákok tényleges iskolai teljesítménye az adott tanév végén

A vizsgálat időpontjában a különböző osztályokhoz tartozó diákok az iskolakezdéstől függően eltérő mennyiségű időt (félévet) töltöttek az adott intézményben. (A vizsgálat fél éve lehetett a második illetve a hatodik iskolában töltött félév, az eseti eltérésekről nem is beszélve.) Az összemérhetőség érdekében minden tanuló esetén a legutóbbi befejezett félév reál (matematika és fizika) tárgyakban szerzett érdemjegyek átlagát tekintettük az iskolai teljesítmény mutatójának.

#### 7.2.6. VIZSGÁLATI KÖRÜLMÉNYEK

A tesztek Torrance - Raven - Iskolai Motiváció - Matematika teszt sorrendben négy egymást követő alkalommal vettük fel csoportosan, az osztályok tantermeiben. A tanároknak szánt kérdőívet nyomtatott formában juttattuk el az érintett matematika tanároknak.

#### 7.2.7. EREDMÉNYEK

Az 1. és 2. táblázat mutatja a Tanári vélemény kérdőív eredményeinek alakulását osztályonként és nemenként, illetve a diákok teljesítményének alakulását az egyes mutatók szerint a teljes mintában, illetve fiúkra és lányokra külön-külön. A 3. táblázat, pedig korrelációs mátrix formájában mutatja az egyes tesztmutatók összefüggéseit.

Osztály	Nem	Átlag	SD	Minimum	Maximum
<b>Tagozat</b>	Fiú	33,15	5,52	20	39
	Lány	26,60	4,22	22	33
<b>Tagozat</b>	Fiú	28,27	7,31	19	37
	Lány	26,71	7,39	17	38
<b>Normál</b>	Fiú	28,31	7,11	16	39
	Lány	28,40	7,60	18	39
<b>Normál</b>	Fiú	25,88	7,45	11	34
	Lány	23,72	5,26	15	32
<b>Normál</b>	Fiú	27,79	5,95	19	38
	Lány	24,42	6,10	13	31

1. táblázat. Tanári vélemény kérdőív eredményei (átlag, szórás, legkisebb és legnagyobb érték) osztályonkénti és nemenkénti bontásban. A táblázat adatai nem tartalmazzák a kérdőív két utolsó kérdésének, illetve a rangsorolásra vonatkozó kérdés (4. melléklet) eredményeit.

### 7.3. MEGBESZÉLÉS

Az intelligencia tesztben mutatott teljesítmény önmagában és a megfelelő korosztályos átlaghoz viszonyítva is magasnak számít, magyar mintán, 13-14 éves diákokkal végzett vizsgálat eredményei szerint ugyanis az átlag 22 pont, vagyis 61,1 % (Gyarmathy Éva személyes közlése). Hasonlóképpen, a motivációs kérdőív minden mutatójában kapott eredmények magasabbak az országos standardoknál (Kozéki és Entwistle, 1983), míg a kreativitás-teszt T értékei az átlagos övezetbe tartoznak (Barkóczi és Zétényi, 1981).

Miként a korrelációs táblázatból kitűnik, az intellektuális képességek mutatói (IQ, Matematikai feladatsor, Iskolai teljesítmény) és a Tanári vélemény kérdőív pontszámai viszonylag magasan és szignifikáns mértékben korrelálnak egymással, hasonlóképpen a Torrance teszt altesztjei és a motivációs kérdőív alskálái is. Ezzel szemben a kreativitás-teszt és a motivációs kérdőív eredményei és az intellektuális mutatók közötti korreláció kis mértékben negatív, többnyire nem szignifikáns mértékben. Ez alól egyedüli kivételnek számít a Követő motiváció és a Matematika feladatsor pozitív kapcsolata. Szembeötlő továbbá, szinte valamennyi intellektuális képesség mutató és a Presszió érzés szignifikáns negatív korrelációja.

Az eredmények alakulása nagymértékben megfelel előzetes elvárásainknak. Az intelligencia és a motivációs tényezők magas szintjében visszatükröződik az a tény - helyi és országos viszonylatban is kiemelt, nagy presztízsű iskolákról lévén szó -, hogy a diákok már egy eleve szelektált mintáján a korosztályos magyar átlagoknál magasabb eredmény várható. A diákok viszonylagos kiemelt helyzetének mintegy negatív következményeképpen adódik, hogy fokozott teherterhelést jelenthet a velük szemben 'megfogalmazott' elvárásoknak való megfelelés, ami azután a teljesítményhelyzetekkel kapcsolatos szorongás formájában mutatkozik meg (lásd presszióérzés).

A matematika feladatsor, az intelligencia teszt és az iskolai teljesítmény együttmozgása szintén előzetes elképzeléseinknek megfelelően azt sugallja, hogy hasonló, vagy közös gyökerű jelenségekről lehet szó, mely tulajdonképpen vizsgálódásunk apropója is egyben. A tanári vélemények nagy mértékben leképezik a matematikai vagy még inkább az intellektuális képességekben kimutatható egyéni különbségeket, ami annyiban nem is meglepő, hogy éppen ez volt az, amire rákérdeztünk.

Szintén 'papírforma' eredménynek tűnik a kognitív rendszer intellektuális és kreatív tényezőinek függetlensége, tekintve, hogy az együtt járásuk az átlagos intelligenciaövezet felső határáig (IQ=120) várható el. Ha mindehhez ráadásként hozzávesszük a motivációs tényezők mindkét említett tényezőtől való különállását, rögtön meg is kapjuk a kiindulásként vett háromkomponensű tehetségmodellt. Az a tény, azonban, hogy mind a kreativitás, mind pedig a motivációs tényezők kis mértékben képesek bejósolni a matematikai és az intellektuális képességeket mérő eljárások eredményeit óvatosságra int abban a tekintetben, hogy mely tényezőkre kell nagyobb hangsúlyt helyezni a tehetség kiválasztási eljárás során.

Eszköz		Átlag	SD	Minimum	Maximum
<b>Raven</b> (nyerspont)	Minta	25,97	4,68	14	36
	Lány	24,44	5,18	14	36
	Fiú	27,31	3,75	16	35
<b>Figurális krea- tivitás</b> (T érték)	Minta	57,90	6,89	38,80	72,28
	Lány	57,69	6,43	40,82	70,15
	Fiú	58,08	7,32	38,80	72,28
<b>Verbális krea- tivitás</b> (T érték)	Minta	52,50	10,4 9	34,93	102,35
	Lány	53,15	8,59	36,18	70,68
	Fiú	51,93	11,9 4	34,93	102,35
<b>Érdeklődési motiváció<sup>17</sup></b>	Minta	10,09	1,66	5,83	14,00
	Lány	10,17	1,42	6,42	13,83
	Fiú	10,03	1,85	5,83	14,00
<b>Teljesítő mo- tiváció</b>	Minta	11,32	1,68	6,33	14,50
	Lány	11,69	1,59	7,67	14,50
	Fiú	11,01	1,69	6,33	14,00
<b>Követő moti- váció</b>	Minta	11,21	1,56	6,75	14,33
	Lány	11,40	1,47	7,75	14,08
	Fiú	11,03	1,62	6,75	14,33
<b>Presszió</b>	Minta	2,46	0,73	1,00	4,33
	Lány	2,41	0,68	1,00	4,33
	Fiú	2,51	0,77	1,17	4,33
<b>Matematika Teszt</b> (pont)	Minta	4,68	1,87	0,50	10,00
	Lány	4,40	1,71	1,00	8,50
	Fiú	4,93	1,98	0,50	10
<b>Reál</b> (átlag)	Minta	4,27	0,82	2,00	5
	Lány	4,23	0,82	2,00	5
	Fiú	4,30	0,84	2,00	5

2. táblázat. A lányok és a fiúk eredményei az egyes mutatók szerint, illetve az összesített eredmények (átlag, szórás, legkisebb és legnagyobb érték)

<sup>17</sup> A Motivációs kérdőív megbízhatósági (reliability) analízise alapján (lásd 4. Melléklet) néhány item kimaradt. A kihagyások következtében célszerűbb átlagokat számolni az egyes skálákra. A 1. táblázat már a módosult átlagértékeket mutatja.

	Rav	MatT	Reál	Tanár	FKr	VKr	Telj	Érd	Köv	Pres
<b>Raven</b>	1,0									S.
<b>MatTeszt</b>	0,59**	1,0								
<b>Reál</b>	0,44**	0,52**	1,0							
<b>Tanár</b>	0,51**	0,45**	0,62**	1,0						
<b>FigKr</b>	-0,17	-0,15	-0,11	0,03	1,0					
<b>1. VerKr</b>	0,03	0,05	0,01	0,05	0,51**	1,0				
<b>TeljesM</b>	0,12	0,14	0,23*	0,04	-0,16	-0,11	1,0			
<b>Érdeklm</b>	0,18	0,06	0,17	0,06	-0,06	0,05	0,66**	1,0		
<b>KövetőM</b>	0,15	0,18	0,16	-0,02	-0,18	-0,08	0,72**	0,52**	1,0	
<b>Presszió</b>	-0,17	-0,24*	-0,2*	-0,15	0,16	-0,05	-0,47**	-	-0,43**	1,0
								0,52**		

3. táblázat. A tesztmutatók (**Raven IQ**, **Matematika Teszt**, **Reál** eredmény, **Tanári** vélemény, **Figurális Kreativitás**, **Verbális Kreativitás**, **Teljesítő Motiváció**, **Érdeklődési Motiváció**, **Követő Motiváció**, **Presszió** érzés) korrelációi. A \*\* 0,001-es, a \* 0,05-ös szignifikancia szintet jelez.

#### 7.4. A CSOPORTBA SOROLÁS MÓDSZERE

A csoportokba sorolás módszerének kialakításánál két szempontra igyekeztünk hangsúlyt helyezni:

1. A csoportba sorolás hibájának minimalizálása azt jelenti, a két csoport tagjai markánsan különbözzenek egymástól képességeik alapján, és a lehetőleg homogének legyenek a csoportok. Tehát, lehetőség szerint azok kerüljenek a legjobbak csoportjába, akik ténylegesen a legjobbak egyfelől, másfelől, a kontroll csoport tagjai véletlenül, tehát például a képesség mérés hibájának következtében se tartozzanak inkább a legjobbak közé. Ez a szempont a csoportosítási metódus megválasztásában és a csoport határok kijelölésében mutatkozik majd meg.
2. A csoportba sorolás a lehető legnagyobb mértékben azon szempontok szerinti eltéréseknek legyen köszönhető, melyek a matematikai képességek vonatkozásában a leginformatívabbak. Ezen szempont a mutatók megválasztásában és az egyes mutatók viszonylagos súlyaiban tükröződik.

A tehetségkutatásban és egyéb kiválasztási helyzetekben is gyakran alkalmazott eljárás, az úgynevezett *többszörös vágási szintek* (Lásd pl. Yewchuk, 1986, idézi Gyarmathy, 1996) módszerre helyett a következőkben ismertetendő okokból, az egyetemi felvételi gyakorlatból ismert eljárást alkalmaztuk, vagyis az egyes vizsgálóeljárásokban kapott nyerspont értékeket a korrelációs táblázat adatai alapján megállapított súlyok segítségével egy 100 pontos, közös skálára transzformáltuk. A többszörös vágási szintek módszere esetén amellet, hogy itt az egyes mutatók egyenértékűek, kiemelendő, hogy ez esetben egy folytonos eloszlású változóból diszkrét változót hozunk létre a kategória határok (pl. alsó 10, 15, 25 és felső 10, 15, 25 százalék) kijelölésével. Ahány vizsgáló eljárást alkalmazunk (ahány mutatónk van), annyiszor húzzuk meg a kategóriahatárokat, vagyis annyi alkalomunk van hibát elkövetni a csoportba sorolással. Esetünkben, pl. a hét vizsgált tényező 10 mutatója esetén (a Pressziómutatót leszámítva és feltételezve, hogy minden mutatót figyelembe veszünk) két kategóriát alkalmazva (mondjuk a felső 20, és 35 százalék határánál) ez a hibaszám 40 lenne. A 100 pontos rendszerrel ugyanez a hiba egyszer két esetben követhető el, lényegesen csökken ezáltal az első fajú hiba valószínűsége, azaz annak a va-

lószerűsége, hogy különbözőnek tekintünk azonos képességű személyeket. Ennél az eljárásnál a hibaforrás a mutatók szelekciójánál, és relatív súlyuk megállapításánál van. A mutatók megválasztásában és súlyozásában az egyes 'képessegeknek' a matematikai tehetséggel kapcsolatos fontosságukra vonatkozó megfontolásaink és részben a korrelációs viszonyok (lásd 4. táblázat) tekinthetők viszonyítási pontnak. Az a tény, hogy a matematikai tehetség elsősorban intellektuális természetű, továbbá hogy a háttérben megbúvó képességeket igyekeztünk megnyilvánulásukban, azaz teljesítményhelyzetben megragadni tükröződik abban, hogy a matematikai képességek objektív (matematika teszt, iskolai teljesítmény) és szubjektív (tanári vélemény) teljesítmény mutatóit felülsúlyozzuk a nem matematikai (kreativitás) és a nem intellektuális (motiváció) mutatókhoz képest. Minthogy a tényleges teljesítmény és a magas szintű teljesítőképesség jelen esetben a legfontosabbak számunkra, a legnagyobb súlyt a matematika teszt kapja. Mivel a tehetség, mint lehetőség legalább annyira érdekes, mint a tehetség, mint realitás, a tanári vélemény szubjektív és talán árnyaltabb megfogalmazása (kérdőív) fontosabb, tehát nagyobb súlyt kap az egységesebb véleményezési lehetőséghez képest (iskolai jegy).

Itt kell említést tenni arról, a problémáról, mely abból fakad, hogy minden osztálynak más-más tanár tanítja a matematikát, így a tanári vélemények közvetlenül nem összemérhetőek. E nehézség feloldása érdekében, abból a feltevésből indulunk ki, hogy a tanár az évek során egy sajátos belső 'mércét' alakított ki a maga számára, és a diákok képességeit, tehetségét e mércéhez mérve értékeli, és nem más diák képességeihez közvetlenül. Ebből következően, egy másik osztály diákjainak értékelésekor is saját preferenciáit, elképzeléseit a kiválóságról, hasonló módon jelenítene meg a pontszámokban és a diákok közötti különbségeket hasonló pont-különbségekben képezné le. A tanárok mércéi, természetesen eltérőek lehetnek, de nincs mód arra, hogy eldöntsük két tehetséges, de különböző osztályba járó diák pontjainak eltérése (pl. 39 és 34 tanári véleménypont két különböző osztály legjobbja esetén) a tanári mérce vagy a diákok képességeinek eltéréseire vezethető vissza. Feltételezzük, tehát, bár bizonyítani nem tudjuk, hogy a tanárok mércéi eltérőek (az egyik tanár szigorúbb, a másik kevésbé), de az egyéni különbségeket osztályon belül hasonlóan jelenítik meg, így a Tanári vélemény mutatóra vonatkozó súlyokat a nyerspontok osztályonkénti maximumához mérten kalkuláljuk  $(\text{Teljesítménypont}_{\text{osztály ndiák}} = \text{Tanári véleménypont}_{\text{osztály ndiák}} \times 30 / \text{Maximális Tanári véleménypont}_{\text{oszt.}})$ . Itt a 30 az az érték, melyet a tanári vélemény mutató maximális

pontszám esetén a 100 pontos Teljesítmény skálán képvisel. Lásd lentebb). Ezáltal a véleménypont relatív különbsége megőrződik osztályon belül, míg az osztályok között kiegyenlítődik. A diákok egymáshoz képesti eltéréseit, vagyis az abszolút különbségeket a képességekben inkább a matematika feladatsor segítségével, illetve a kiértékelési metódus egészével próbáljuk megragadni.

A motivációs tényezők esetén a spontán, belülről fakadó érdeklődés fontosabb a tényleges matematikai teljesítőképesség szempontjából, mint akár a társak irányába (Követő motiváció), akár a tanár, illetve a teljesítmény helyzet (Teljesítő motiváció) irányába mutatkozó megfelelési hajlandóság, ennek megfelelően az Érdeklődési motivációs faktor kap, habár összességében alacsony szorzót, a többi motivációs faktorok pedig kimaradnak. A kreativitás esetén a nem verbális kreativitás fontosabbnak tekinthető matematikai vonatkozásban a verbális kreativitáshoz képest.

Külön említést érdemel, hogy a matematikai képességek és az általános intellektuális képesség megkülönböztethetősége. Hatásaik pontosabb értelmezhetősége érdekében már a csoportszelekció idején megpróbáljuk e tényezőket különválasztani, annak ellenére, hogy a nagymértékű korrelációjukra figyelemmel e szétválasztás elsősorban technikai értelemben lehetséges, logikailag, formálisan kevésbé. Mindez azt jelenti, hogy a szelekciós szempontjaink közül az IQ kimarad. Mindezen szelekciós megfontolások részben a korrelációs viszonyok alapján indokoltnak tekinthetők, ugyanakkor tagadhatatlan, hogy a súlyozás részben felülírja az eredeti adatstruktúra belső viszonyait, tükrözve azon szándékunkat, hogy az árnyalatokban megragadható különbségek mintegy felnagyítódjanak, markánsabbakká váljanak.

Összességében, tehát a súlyokat úgy választottuk meg, hogy mértékükben tükröződjene az egyes mutatók közötti fontossági különbségek, és hogy maximális nyers pontértékek (a tesztmutatók eredeti értékei) esetén a szorzatösszegek ( $\Sigma$  Mutató értékpontja<sub>1-10</sub> X Mutató súlya<sub>1-10</sub>) 100 pontot (Teljesítmény pont) eredményezzenek. A 4. táblázat mutatja a vizsgálóeszközeink legfontosabb mutatóit, az elérhető legmagasabb pontértékeket és a nekik megfelelő Teljesítmény pont értékeket (T).

Vizsgálóeszköz	Maximális pontérték	T pont
Raven	36	0
Verbális kreativitás	100	0
Figurális kreativitás	100	5
Teljesítő motiváció	5	0
Követő motiváció	5	0
Érdeklődési motiváció	5	5
Presszió	5	0
Matematika feladatsor	10	45
Iskolai teljesítmény	5	15
Tanári vélemény	40	30
$\Sigma$		100

4. táblázat. Az egyes mérőeszközökhöz tartozó mutatók az elérhető legmagasabb pontszámmal illetve a közös skálán képviselt pontértékekkel.

Ez az összevont mutató, tehát a Teljesítmény pont szolgált azután a csoportba sorolás alapjául. A 5. táblázat mutatja a T skála legfontosabb statisztikai mutatóit a teljes mintán és nemi bontásban

	Átlag	SD	Minimum	Maximum
<b>Minta</b>	62,34	13,25	26,71	93,90
<b>Lány</b>	59,38	12,59	26,71	89,87
<b>Fiú</b>	65,09	13,35	31,95	93,90

5. táblázat. A T pont statisztikai jellemzői nemek szerinti bontásban illetve a teljes minta alapján.

Az átlagtól egyszórásnyi távolságra fölfelé, azaz kerekítve 75 pontnál meghúzott határ jelenti azt a küszöbértéket, amely fölött egy diák a tehetséges csoportba került, mely, körülbelül a minta felső 15 százalékát jelenti. Az átlagtól félszórásnyira felfe-

lé és lefelé eső pontértékek (68 és 53 T pont) képezik annak a tartománynak a határértékeit, melyből a kontroll csoport tagjai kerültek ki. A 68-75 pont közötti 'biztonsági zóna' hívatott a csoportba sorolás hibáját minimalizálni, míg az 53 pontos bekerülési küszöb biztosítja, hogy a kontroll csoport is viszonylag 'erős' a matematikai képességek szempontjából. A 75 T pont fölötti tartományba eső személyek (22 diák, 5 lány és 17 fiú), tehát azok, akik matematikában kiváló képességekkel rendelkezőknek tekinthetők, ennek megfelelően rájuk a továbbiakban, mint *Tehetséges csoport* tagjaira hivatkozunk. A 53 és 68 T pont közötti tartományba eső személyek (46 diák, 23 lány és 23 fiú) alkotják vizsgálatunkban a kontroll személyek csoportját, tekintve, azonban, hogy e csoport tagjai nem gyengék matematikából sem, sem pedig általános intellektuális képességeik szempontjából, e csoport jelölése a továbbiakban *Jó csoport*. A két csoport összetétele a későbbiekben ismertetendő okok következtében módosult. A Tehetséges csoportba 16 diák (4 lány, 12 fiú), a Jó csoportba 22 diák (16 lány, 6 fiú) maradt. A 6. táblázat mutatja az egyes mérőeszközök mutatóinak és a T skála eredményeinek alakulását a két végleges csoport esetében fiúk és lányok szerinti bontásban. Az eredeti csoportátlagokat a 5. Melléklet mutatja.

A függetlenmintás t próbák eredményei szerint a motivációs kérdőív és a kreativitás teszt eredményeiben jelentkező csoportkülönbségek nem jelentősek ( $p > 0,05$  minden esetben), bár szignifikancia közeli eredmény ( $p = 0,059$ ) mutatkozik a teljesítő motiváció esetén. A Tehetséges csoport javára fennálló különbség szignifikánsnak mutatkozott a Matematika teszt ( $t(36) = 5,598$ ;  $p < 0,001$ ), Iskolai teljesítmény ( $t(36) = 3,982$ ;  $p < 0,001$ ), Tanári vélemény ( $t(36) = 7,945$ ;  $p < 0,001$ ) valamint a T pont ( $t(36) = 11,764$ ;  $p < 0,001$ ) esetén. Ezen kívül, a szelekcióban szerepet nem játszó szempontok közül jelentős a Tehetséges csoport fölénye a Raven teszt esetében is ( $t(36) = 3,068$ ;  $p = 0,004$ ). Mindkét csoport esetén azonban az átlagot jóval meghaladó intelligencia szintről beszélhetünk, amit jól mutat, hogy a számított átlagos IQ a Tehetséges csoportban 156, a Jó csoportban 140.

A nemek összehasonlításakor, noha a globális T mutatóban jelentősnek ( $t(36) = 2,413$ ;  $p < 0,0021$ ) mutatkozik a fiúk fölénye, csupán a Matematika teszteredmény közelíti a szignifikancia szintet ( $p = 0,053$ ) a többi szelekciós szempont szerint nincs jelentős eltérés. A kevésbé fontos szempontok közül csupán a Teljesítő motivációban ( $t(36) = -2,328$ ;  $p = 0,026$ ) kimutatott eltérés a lányok javára bizonyult jelentősnek. A Csoport és a Nem változót is figyelembe vevő elemzés tanúsága szerint Nem x Csoport interakció egyetlen mutató esetén sem bizonyult szignifikánsnak.

	Tehetséges		Jó	
	Lány	Fiú	Lány	Fiú
<b>T</b>	80,20 (7,0)	79,94 (6,0)	61,22 (4,2)	59,18 (3,9)
<b>Raven</b>	31,25 (3,2)	29,83 (3,4)	25,0 (5,7)	27,83 (0,4)
<b>Figurális kreativitás</b>	53,23 (10,3)	55,30 (19,6)	48,68 (6,4)	51,75 (12,8)
<b>Verbális kreativitás</b>	59,50 (3,9)	56,01 (5,9)	54,37 (5,7)	57,50 (10,1)
<b>Teljesítő motiváció</b>	12,25 (1,5)	10,74 (2,0)	12,24 (1,3)	11,78 (1,0)
<b>Követő mo- tiváció</b>	11,83 (1,8)	11,17 (1,9)	11,94 (1,0)	11,25 (1,2)
<b>Érdeklődési motiváció</b>	10,88 (2,0)	9,61 (1,9)	10,16 (1,1)	11,67 (1,8)
<b>Presszió</b>	2,13 (0,7)	2,40 (0,7)	2,44 (0,6)	2,14 (0,1)
<b>Matematika feladatsor</b>	6,77 (1,4)	7,09 (1,3)	4,76 (1,3)	4,50 (1,5)
<b>Iskolai telje- sítmény</b>	5,0 (0,0)	4,92 (0,2)	4,47 (0,5)	4,42 (0,7)
<b>Tanári vé- lemény</b>	28,13 (2,2)	27,28 (2,7)	20,31 (3,1)	18,93 (3,3)

6. táblázat. A T pont és az egyes tesztmutatók alakulása (átlag, és szóráss (Sd) zárójelben) a két csoportban nemek szerint. A tanári vélemény a korrigált értékeket jelenti.

## 8. LABORATÓRIUMI KÍSÉRLETEK

### 8.1. RANDOM FIGYELMI VÁLTÁSOK VIZSGÁLATA

A központi végrehajtó működése hatékonyságának vizsgálatára a *feladat-váltás* eljárást használtuk. E módszer alapvető sajátossága, hogy míg az ingerek, a maguk komplexitásában, tulajdonság-együttesében változatlanok maradnak a kísérlet során, az ingerekkel kapcsolatos feladatok, a végrehajtandó műveletek valamilyen előre meghatározott szabályszerűséget követve változnak. A feladatok megváltozása azt is jelenti egyúttal, hogy az ingerek egyes tulajdonságai az egyes feladatok szerint eltérő fontosságúak. Más megfogalmazásban az aktuális feladat határozza meg, hogy éppen mely ingertulajdonság releváns a feladat végrehajtás vonatkozásában. Mivel azonban az ingerek minden feladat esetén mind a releváns, mind a nem releváns sajátosságaikat 'felmutatják' (két- vagy többértékű ingerek), a feladatok közötti váltás az ingerek tulajdonságaira irányuló figyelem áthelyezését kívánja az egyik tulajdonságról a másikra. Az egyes feladatokhoz tartozó releváns ingertulajdonságokhoz általában külön válaszkimenetek vannak hozzárendelve (eltérő modalitású válaszok, pl. manuális vagy vokális, egy modalitáson belül eltérő válaszok, pl. jobb kéz vagy bal kéz). Ugyanakkor a válaszkimenetek a feladatok között általában átfedésben vannak (kétértékű válaszok), vagyis az egyik feladat válaszkimenete megegyezik a másik feladat egyik válaszkimenetével. Ezért a feladat-váltás, az ingertulajdonság kiértékelésétől a válaszkimenetig tartó 'műveletek' teljes egészére vonatkozó akció séma, vagy feladat készlet [task set] váltását, ennek jelölésére használt kifejezéssel rekonfigurációját jelenti. A feladat-váltás, azaz a figyelemváltás, azaz a sémarekonfiguráció nehézsége egyaránt függvénye az ingertulajdonságok vagy feladatok komplexitásbeli, nehézségbeli eltéréseinek, a feladat idő tényezőinek, a válaszkimenetek közötti átfedéseknek. Ezen eljárás során tapasztalható egyéni különbségek a figyelmi kontrollra való 'képességnek', vagyis a feladat váltás folyamatait kontrolláló, szabályozó működés hatékonyságának eltéréseit tükrözik.

Vizsgálatunkban arab számokat, pontosabban több azonos szám együttesét használtunk ingerként. A szám, mentális reprezentációjának komplexitásából következően (lásd, pl. Dehaene, 2003) önmagában is egyfajta Stroop-szerű ingernek tekinthető. Egyetlen számhármassal, pl. 3 3 3, mint inger számos, egy adott feladat szempontjából érdekes tulajdonságjegyvel rendelkezik. Mennyiségi vonatkozásban három egységből áll, mely egy viszo-

nyítási ponthoz képest, például több (mint egy), vagy kevesebb (mint öt). Az alkotó elemek értéke 3, mely szintén lehet több vagy kevesebb a megadott referenciánál (1 illetve 5). Továbbá olyan tanult, asszociált tulajdonságokkal is rendelkezik (mint például páratlan számokból áll; a számhármassal együtt páratlan; egészen odáig, hogy osztható-e egy megadott számmal, vagy prím szám-e), melyek egy adott feladat, kérdés szempontjából relevánsak lehetnek. A számok mentális reprezentációjának összetett mivolta teszi lehetővé ingerként való felhasználásukat olyan kísérletekben, mint amilyen a feladat-váltás eljárás, melyek éppen a többértékűségekre alapozva vizsgálják a reprezentációk viszonyát, illetve a reprezentációk rugalmas manipulálását. Mindkét kísérletünket az ingert alkotó számjegyek mennyiségével, számosságával és értékével kapcsolatos tulajdonságaira alapoztuk, hasonlóan, pl. Kramer és munkatársai (1999) vizsgálatához. A *számérték feladatban* a kísérleti személyeknek az ingert alkotó számjegyek egy megadott referencia ponthoz viszonyított értékével kapcsolatban kellett döntést hozniuk (több illetve kevesebb, mint 5), figyelmen kívül hagyva a számok mennyiségére vonatkozó információkat. Az *elemszám feladatban* az ingert alkotó számok mennyisége a fontos, a döntés a számjegyek referenciához viszonyított mennyiségére kell vonatkozzon (nagyobb illetve kisebb, mint öt), függetlenül a számjegyek értékétől. Az ingerek a feladatokból következően (mennyiségi és érték vonatkozásban) szükségképpen kétértékűek voltak. Az egyes feladatokhoz, illetve az egyes feladatok szempontjából releváns ingertulajdonsághoz rendelt válaszkimenetek a feladatok között átfedésben vannak (pl. több mint öt - bal kéz = nagyobb, mint 5 - bal kéz), azaz a válaszkimenetek is kétértékűek. A feladat-váltás e két szempont, illetve e két feladat között, egy előzetesen meghatározott rendet követő váltásokat jelent.

Vizsgálatunkban a feladat-váltás rendje a *váltakozó sorozatok* [alternating runs] elrendezés (Rogers és Monsell, 1995) szerint lett meghatározva, mely egy sorozaton belül teszi lehetővé a feladat-váltás, illetve a kontroll folyamatok időigényének összehasonlítását a váltást nem kívánó, vagy ismétlődő feladatok idejével, azáltal, hogy egy sorozaton (blokkon) belül - többé kevésbé bejósolható módon, pl.  $A_1A_2B_1B_2$ , vagy  $A_1A_2A_3B_1B_2B_3B_4$  elrendezés mellett - kell az új feladatra váltani ( $B_2$  után  $A_1$  vagy  $A_2$  után  $B_1$ ), illetve a feladatot megismételni ( $A_{2,3}$  vagy  $B_{2,4}$ ). Ez az eljárás a végrehajtói folyamatok hatékonyságának tiszta és kevert sorozatok összehasonlításán keresztül (AAAA és ABABA, pl. Allport és mtsai. 1994) történő becslésével szemben azzal az előnnyel jár, hogy a két feladat egyéb hatótényezőket, pl. az emlékezeti terhe-

lést, aktivációs szintet stb., tekintve kiegyenlítettnek tekinthető. Ebben az eljárásban a végrehajtói kontroll folyamat azon időnövekmény mértékével jellemezhető, mely a váltási időknek a teljesítmény alapszintjéhez (váltást nem kívánó, vagy ismétlődő feladatok ideje) történő viszonyításából adódik. Vizsgálatunkban a teljesítmény alapszintjét egy feladat sorozatos - hosszabb sorozatokon belüli (8-9 egy feladathoz tartozó próba egy sorozatban) - ismétlődésén keresztül próbáljuk becsülni<sup>18</sup>. Az alkalmazott elrendezés ugyanakkor, az úgynevezett *véletlenszerű előjelzés* [random cueing] paradigma (pl. Meiran, 2000) sajátosságait is magán hordja. Az eljárás az új feladatra való előkészületi folyamatokat, illetve az ebben esetlegesen szerephez jutó 'stratégiai' tényezőket úgy kontrollálja, hogy a kísérleti személy számára nem teszi lehetővé a feladat megváltozásának, az új feladat következtetésének előzetes ismeretét, hanem egy jelzőinger változása, illetve változatlansága mutatja az új feladatra való átváltásnak vagy a régi feladat folytatásának szükségességét. Kísérletünkben ez a szándék az egyes feladatok eltérő hosszúságú - de összességében, a kísérlet egészében kiegyenlített arányú - ingerszekvenciáinak (nyolc és kilenc ingert tartalmazó sorozatok) véletlenszerű egymásra következésében jelenik meg. A feladat váltás illetve a feladat folytatás jelzőinger alkalmazásával történő jelzése egyúttal az emlékezeti terhelést is csökkenti, miáltal egyéb kapacitáskorlátos faktorok közreműködése, illetve teljesítménybefolyásoló hatása minimalizálható (lásd, pl. Emerson és Miyake, (2003), Baddeley és mtsai. (2001) a fonológiai hurok feladat-váltásbeli szerepéről).

A feladat-váltást kontrolláló komponens (központi végrehajtó), vagy a független kontroll folyamatok működési hatékonyságának minőségi mutatója, a *váltási veszteség* mértéke nagy értékben a rendelkezésre álló idő, konkrétan a kísérleti elrendezés időparamétereinek függvényében változik. A szóba jöhető időtényezők (ingerek közötti idő ISI, inger-válasz idő SRI, válasz-jelzés idő RCI, jelzés-inger idő CTI), illetve ezen idők alatt zajló folyamatok hatásai a váltási veszteség mértékére a feladat-váltás elméleti jellegű kutatásaiban viszonylagos pontossággal körülírtak (Meiran, 2000, Rogers és Monsell 1995, Allport és mtsai. 1994), ahogyan erre korábban utaltunk. Az ezzel kapcsolatos elképzelések vizsgálatunk megtervezésének idején részben még vita tár-

<sup>18</sup> A hosszabb sorozatok használata egyúttal lehetővé teszi a feladat-váltás alternatív magyarázataiból, például a fentebb említett „tehetetlenségi” (Allport, 1994, 2000) magyarázatból levezethető hipotézisek ellenőrzését. E magyarázat helytállóságára alkalomadtán visszatérünk, hasonlóképpen a „motivációs” (De Jong, 2000) magyarázat fontosságára is.

gyát képezték, a fontosabb vizsgálati eredmények részben nem voltak publikálva. Vizsgálatunk számára, lévén nem a feladatváltás adekvát modellezésére irányuló elméleti munka, ezen újabb keletű fejlemények csak annyiban érdekesek, amennyiben a konkrét kísérleti eredményeinknek a matematikai intelligencia természetére vonatkozó interpretációját árnyalják. Ennek megfelelően a későbbiekben e részletkérdésre még visszatérünk. Ezen a ponton csupán a kísérlet idői viszonyainak 'beállításaira' vonatkozó megfontolásaink említése szükséges. A két feladatváltás kísérletünk, egyéb tényezők mellett ebből a szempontból, tehát az időparaméterek beállítása szempontjából is különbözik. A részletekről, a változtatások okairól és mikéntjéről az eredmények értelmezésekor szólnunk. Kiindulásképpen a feladatváltásra szolgáló előkészületi időt, a kísérleti elrendezés egyéb beállításai mellett, úgy próbáltuk meghatározni, hogy a váltási veszteség annak a személyen belül elméletileg konstansnak tekinthető folyamatnak az időigényét tükrözze, amellyel összefüggésben jelentkező egyéni (személyek közötti) különbségek a kontrollfolyamatok hatékonyságának eltéréseire vezethetők vissza, és amely, feltételezésünk szerint a matematikai intelligencia terén kimutatható egyéni különbségekkel is összefüggésbe hozható. Az első kísérletben, tehát az előkészületekre használható idő nagysága lehetővé kell, hogy tegye a teljes rekonfigurációt, így a váltási veszteség a rekonfiguráció globális indexeként a kontrollfolyamatok hatékonyságbeli eltéréseit tükrözheti. Ennek megfelelően a váltáshoz szükséges előkészületi folyamatok számára rendelkezésre álló idő (legalább 600 ms) elég hosszú ahhoz, hogy a folyamatok végbemehessenek, és elég rövid ahhoz, hogy e folyamatok hatékonyságára visszavezethető különbségek egyáltalán megjelenhessenek.

### 8.1.1. MÓDSZEREK

#### 8.1.1.1. SZEMÉLYEK

A fentebb bemutatott csoportba sorolási eljárás alapján kiválasztott Tehetséges és Jó képességű diákok vettek részt vizsgálatainkban kísérleti személyként. Mindkét csoport összetétele megváltozott azonban a kísérletek során két okból. Mivel az adatfelvétel részben átcsúszott a következő iskolai tanév első félévére, a diákok egy része valamelyik (többnyire a második feladatváltási) kísérletben nem tudott részt venni részben hiányzás, részben iskolaváltoztatás miatt. Ez a Tehetséges csoportból 2, a

Jó csoportból 8 diákot érintett. Lényegesebb azonban a másik ok. A laboratóriumi kísérletek, különösképpen a feladat-váltási kísérletek viszonylag nehéznek tekinthetők. Az általában a feladatteljesítéssel kapcsolatban felállítható jósági, elfogadhatósági kritériumokhoz mért teljesítmény a következő szempont, amely módosítja a csoportösszetételt. Valamennyi kísérletben igyekeztünk az elrontott válaszok mennyiségét alapul véve biztosítani, hogy a két csoport teljesítménye összemérhető legyen. Az elrontott válaszok mennyisége, annak ellenére, hogy a hibaarányok alakulására külön elemzés irányul, a reakcióidő elemzés megbízhatóságát alapvetően érintheti, amennyiben a hibás válaszok kiszűrése után jelentős mértékben csökken a rendelkezésre álló adatok száma. Mivel a hibaszámokon alapuló jósági kritérium nem határozható meg egzakt módon, eljárásunk némiképp önkényesnek tekinthető. Figyelembe véve, hogy 50 %-os hibaarány mellett a teljesítmény véletlenszerűnek, próba-szerencse alapúnak vehető, a teljesítményt legfeljebb kb. egy harmadnyi (35%) elrontott válasz mellett tekintettük kielégítőnek kísérletenként és kísérleten belül feladatonként. Egyetemista diákokon végzett kísérleteink alapján elmondható, hogy a 35%-nyi elrontott válasz még mindig meglehetősen jónak számít. E kritériumhoz mért teljesítményértékelés tovább szűkíti a vizsgálati mintát. A tehetséges csoportból újabb 4, a Jó csoportból 16 diák került ki, tekintet nélkül arra, hogy csak egy vagy több kísérletben is meghaladta-e a hibás válaszok száma a kritériumszintet. Végeredményben a Tehetséges csoport 16 (4 lány, 12 fiú), a Jó csoport 22 (16 lány, 6 fiú) kísérleti személyből áll.

#### 8.1.1.2. ESZKÖZÖK

Valamennyi kísérlet laboratóriumi körülmények között, két kísérleti személy együttes, de egymást nem zavaró részvételével, a kísérletvezető jelenlétében zajlott. A kísérletek MEL 2.0 program segítségével lettek megtervezve. Az ingerek IBM kompatibilis asztali számítógépek 15 colos színes VGA, néhány esetben notebook számítógépek folyadékkristályos (LCD) monitorain jelentek meg, a válaszadás standard billentyűzeten kijelölt billentyűk lenyomásával történt.

#### 8.1.1.3. INGEREK ÉS FELADATOK

Az ingerek a képernyő középvonalában, egy sorban, egymástól egy szóköznyi távolságra megjelenő fekete színű arab számok voltak. Megjelenésüket tekintve az ingerek a Microsoft

Word szövegszerkesztő 48-as méretű, félkövér, Ariel stílusú karaktereinek feleltethetők meg. A monitortól körülbelül 65 cm távolságról 0,45 - 7,7 fokos horizontális és 0,9 fokos vertikális látószög alatt látszottak. A számok értéke az 5-ös érték kivételével 1 és 9 között változott. Az egyidejűleg prezentált számok, azaz az egy sorban megjelenített számingerek értéke mindig azonos volt (például 888888, 333, 66, 1111111). A sort alkotó számok mennyisége egy és kilenc között változhatott úgy, hogy öt darab szám nem fordulhatott elő.

Az ingerekkel kapcsolatos feladat minden egyes inger esetén jelzőingerek (cue) alkalmazása által állandó jelleggel és egyértelműen meghatározott: a képernyő bal felső sarkában a számingerekkel megegyező stílusban megjelenített „ÉRTÉK” vagy „DARAB” felirat volt olvasható kb. 3,8 fokos horizontális és 0,9 fokos vertikális látószög alatt. „ÉRTÉK” felirat mellett a háttérszín zöld, „DARAB” felirat mellett kék volt.

A feliratok és a háttérszín által meghatározott feladatok az ingert alkotó számok értékének vagy az ingerek mennyiségének a figyelembevételét kívánták meg a kísérleti személyektől. ÉRTÉK feladat esetén arról kellett döntést hozni, hogy az aktuális inger 5-nél nagyobb vagy kisebb értékű számokat tartalmazott, tekintet nélkül a számok mennyiségére. DARAB feladat esetén az ingert alkotó számok mennyiségét kellett megítélni abból a szempontból, hogy ötnél több vagy kevesebb szám látható-e, függetlenül az ingerek számszerű értékétől. Mivel az ingert alkotó számok egyaránt 'rendelkeznek' a számok értékével összefüggő és mennyiségi tulajdonságokkal is, az ingerek kétértékűeknek [bivalent] tekinthetők.

Mindkét feladat esetén billentyű lenyomással kellett jelezni a döntés eredményét. ÉRTÉK feladatnál a 0 billentyű (bal kéz) jelenti a „kisebb”, a 9 billentyű (jobb kéz) jelenti a „nagyobb” választ, DARAB feladatnál a 0 billentyű (bal kéz) jelenti a „kevesebb”, a 9 billentyű (jobb kéz) jelenti a „több” választ. A billentyűk 'jelentése', vagyis az inger-válasz elrendezés [S-R mapping] egy feladat vonatkozásában kizárólagos, ugyanakkor egy inger konkrét - az adott feladat szempontjából releváns és nem-releváns - tulajdonságainak szempontjából megosztott, ebből következően a választbillentyűk is kétértékűeknek [bivalent] tekinthetők.

A végrehajtandó feladatok és az inger tulajdonságok együttes figyelembe vétele alapján az ingereknek két fajtája különböztethető meg:

*Kompatibilis inger:* amennyiben az inger által felmutatott tulajdonságok mindkét feladat esetén azonos 'jelentésűek' és, együt-

tal azonos válaszkimenettel járnának együtt. Például a sorban látható számok értéke „nagyobb”, mint 5 és a számok mennyisége „több”, mint öt (999999, vagy 77777777), vagy a számok értéke „kisebb”, mint 5 és a számok mennyisége „kevesebb”, mint öt (11, vagy 3333). Ez esetben az mindkét feladatban a válasz ugyanaz lenne (pl. 9 válaszbillentyű az első, 0 válaszbillentyű a másik esetre mind ÉRTÉK, mind DARAB feladatban).

*Inkompatibilis inger:* amennyiben az inger értékszerű és mennyiségi tulajdonságai a két feladat esetén eltérő 'jelentésűek' és, egyúttal eltérő választ kívánnak. Például 999 inger esetén az inger kiértékelése a számok értéke alapján „nagyobb” (mint 5) lenne, míg a számok mennyisége alapján „kevesebb” (mint öt), vagyis ÉRTÉK feladatban a 9 válaszbillentyű, DARAB feladatban a 0 válaszbillentyű lenyomása a helyes válasz. Ennek fordítottjaként, pl. 333333 inger esetén a számok értéke alapján „kisebb” (mint 5), míg a számok mennyisége alapján „több” (mint öt), az inger jelentése, vagyis ÉRTÉK feladatban a 0 válaszbillentyű, DARAB feladatban a 9 válaszbillentyű lenyomása a helyes válasz.

Megjegyzendő, hogy az általunk választott elrendezésben a kompatibilis-inkompatibilis megkülönböztetés értelme az ingerek 'jelentésében' megragadható azonosság, illetve különbözőség szerint és a válaszkimenetekben megragadható azonosság, illetve különbözőség szerint egybeesik. Elképzelhető olyan elrendezés is, melyben az ingerjelentés szerinti kompatibilitás és a válaszkimenet szerinti kompatibilitás különválasztható. E probléma fontosságára a későbbiekben visszatérünk.

#### 8.1.1.4. ELRENDEZÉS

A feladatot meghatározó jelzőinger (felirat és háttérszín együttesen) megjelenését követően, 600 ms elteltével jelentek meg az ingerek és 300 ms ideig láthatóak voltak a képernyőn. Az inger eltűnését követően további 800 ms, összességében tehát 1100 ms állt a kísérleti személyek rendelkezésére a döntés meghozatalához és a válaszadáshoz. A személy válaszána bekövetkezésétől vagy be nem következésétől függetlenül jelent meg a következő inger. Az ingerek közötti idő (ISI) volt tehát 1100 ms-ban rögzítve, míg a válasz-inger időtartam (RSI) a kísérleti személy válaszidejétől függően, ezen idő (1100 ms) alatt szabadon változhatott. A feladat megváltozását, tehát az új feladatra történő átváltás szükségességét a jelzőingerek (felirat és háttérszín) egyidejű megváltozása jelezte a kísérleti személy számára 600 ms-mal az új feladat első ingerének megjelenése előtt. Így a két feladat ingerei között az idő 1400 ms-ot tett ki, ezen belül a jelző-

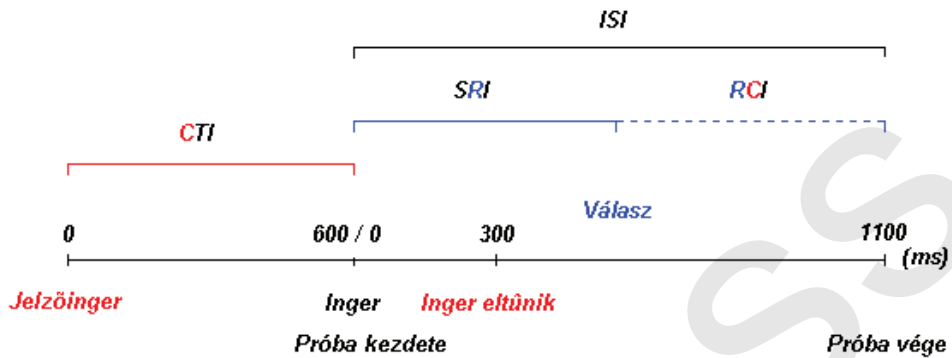
inger-célinger időtartam (CTI), tehát 600 ms-ban rögzítve volt, míg a válasz-jelzőinger intervallum (RCI) értelemszerűen a kísérleti személy válaszüzejétől függően változhatott. A háttérszín és a felirat, megjelenésüket követően változatlanul jelen volt az új feladat elérkezéséig, azaz amíg meg nem változtak. A jelzőingerek megváltozását nem jelezte előre semmi. Az 2. ábra grafikusán mutatja az ingerbemutatás időparamétereinek beállításait.

A vizsgálat a képernyőn megjelenített, a feladat lényegét bemutató grafikus instrukcióval kezdődött. Az instrukció, illetve a kísérletvezető instrukcióra vonatkozó értelmezése és kommentárja hivatott egyértelművé tenni a kísérleti személyek számára a vizsgálat célját és értelmét. Az instrukció azonos hangsúllyal emelte ki a kísérleti személy válaszainak gyorsaságára és pontosságára vonatkozó elvárásainkat. A kísérleti szakaszt egy tíz sorozatot tartalmazó gyakorló blokk vezette be. A gyakorló sorozatok idején hangjelzés informálta a kísérleti személyeket arról, hogy válaszuk helytelen, vagy túlságosan lassú volt, mely hangjelzés a későbbiekben, tehát a kísérleti szakaszban nem volt hallható.

A kísérleti szakaszban (is) az egyik feladathoz (pl. DARAB) tartozó ingerek sorozata váltakozik a másik feladathoz (pl. ÉRTÉK) tartozó ingerek sorozatával. Az inger-szekvencia, azaz az ingerbemutatási sorozatok 'hosszúsága' nyolc vagy kilenc inger egymást követő megjelenítéséből adódik, azaz egy feladat nyolc vagy kilenc ingert követően megváltozik. A kísérletben a nyolc és a kilenc ingert tartalmazó sorozatok véletlenszerűen, de összességében kiegyenlített arányban fordulnak elő, ennek megfelelően a feladat megváltozásának valószínűsége a 8. inger után 50 %, míg a 9. inger után 100 %. Az egy feladathoz tartozó ingerszekvenciák folyamatos, szünet nélküli váltakozása jelenti a kísérlet egy blokkját. Az 3. ábra grafikus formában mutatja a sorozatváltakozás rendjét. A kísérlet négy, egymástól - a kísérleti személy tetszése szerint változó hosszúságú - szünettel elválasztott blokkjában, blokkonként 21 sorozatban bemutatott, összesen 710 ingerre adott reakciók képezik elemzéseink alapját. A vizsgálat egy-egy kísérleti személy esetén körül-belül 20 percig tartott.

A bemutatási arányok, a megjelenési valószínűségek a feladatok (DARAB és ÉRTÉK feladatok) és a különböző tulajdonságokkal jellemezhető ingerek (kompatibilis és inkompatibilis ingerek; 5-nél nagyobb illetve kisebb értékű ingerek; ötnél több illetve kevesebb mennyiségű ingerek) szempontjából kiegyenlítettek voltak a kísérlet egészében (egy kísérleti személynek bemutatott ingerek összességét tekintve). Az inger-válasz elrendezés a kézpreferencia szempontjából (bal kéz: több illetve nagyobb; jobb

kéz: kevesebb illetve kisebb, illetve fordítva) a kísérletsorozat egészében (a kísérleti személyek között) volt kiegyenlített.



*CTI: Jelzőinger - Inger Intervallum = 600 ms*

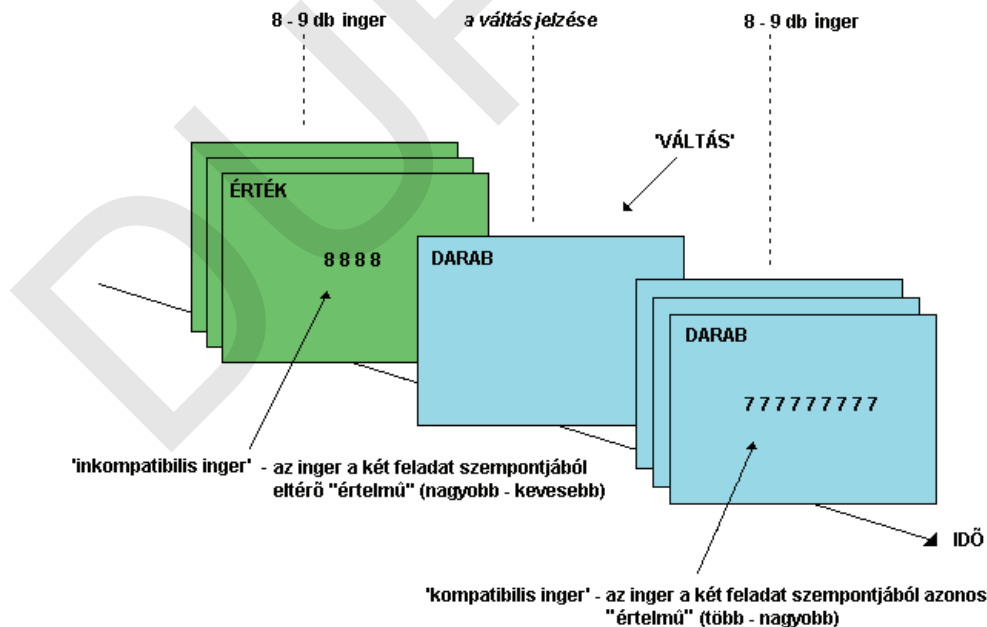
*RCI: Válasz - Jelzőinger Intervallum = ISI - SRI*

*ISI: Igerék közötti Intervallum = 1100 ms*

*SRI: Inger - Válasz Intervallum*

*RSI: RCI (feladat ismétlődés), vagy RCI + CTI (feladat váltás)*

2. ábra. Az ingerbemutató idői rendje az 1. feladat-váltási kísérletben.



3. ábra. Az 1. feladat-váltási kísérlet feladatai (DARAB, ÉRTÉK) és ingerei (Kompatibilis, Inkompatibilis) és jelzőingerei (hátterszínek, feliratok).

## 8.1.2. EREDMÉNYEK

### 8.1.2.1. REAKCIÓIDŐ ELEMZÉS

Az elemzéskor a gyakorló próbák eredményeit nem vettük figyelembe. Hasonlóképpen az elrontott válaszok idejét, és a szekvencia 9. elemére adott válaszok idejét kihagytuk az elemzésből. Hibásnak tekintettünk és az elemzésből kihagytunk minden 200 ms-nál gyorsabb választ. Az elemzés alapjául három szempont (feladattípus, inger-kompatibilitás, inger-szekvencia) összesen 32 feltételére számolt, cellánként maximum 21 megfigyelést reprezentáló medián reakcióidők szolgáltak.

Ismételt méréses ANOVA-t használtunk Feladat (DARAB vs. ÉRTÉK), Kompatibilitás (Kompatibilis vs. Inkompatibilis), Szekvencia (1-8) személyen belüli faktorokkal. A Tehetséges és a Jó csoport teljesítményének összehasonlítása a Csoport (Tehetséges vs. Jó) személyek közötti faktor elemzésbe vonásával válik lehetővé. Tekintve, hogy a szintek száma a legtöbb összehasonlításakor több mint kettő a szignifikanciaszinteket a Within-Subjects Effects tesztek szerinti szabadságfokok alapján számított F statisztikának megfelelően adjuk meg, amennyiben a kontrasztok függetlensége fennáll. A szekvencia különböző pontjain megjelölt (a feladat és a kompatibilitás szerint eltérő) ingerekre adott válaszok reakcióidőiben tapasztalt eltérések árnyaltabb elemzésére mind az alapjelenségek, mind a csoportkülönbségek vizsgálatakor kontrasztvizsgálatot (SIMPLE) végeztünk a szekvencia első, illetve utolsó (8.) pontjait megjelölve referenciapontként. Az eredmények bemutatását az alapjelenségek elemzési eredményeinek bemutatásával kezdjük, majd áttérünk a csoportkülönbségek vizsgálatának eredményeire. Ez utóbbi esetben csupán a Csoport változó főhatására, illetve interakcióira térünk ki tekintve, hogy a személyek közötti változó bevonása az elemzésbe, azaz a csoportok figyelembevételével történő 'újraátlagolás' az alapösszefüggéseket nem érinti, nem változtatja meg.

#### 8.1.2.1.1. ALAPJELENSÉGEK

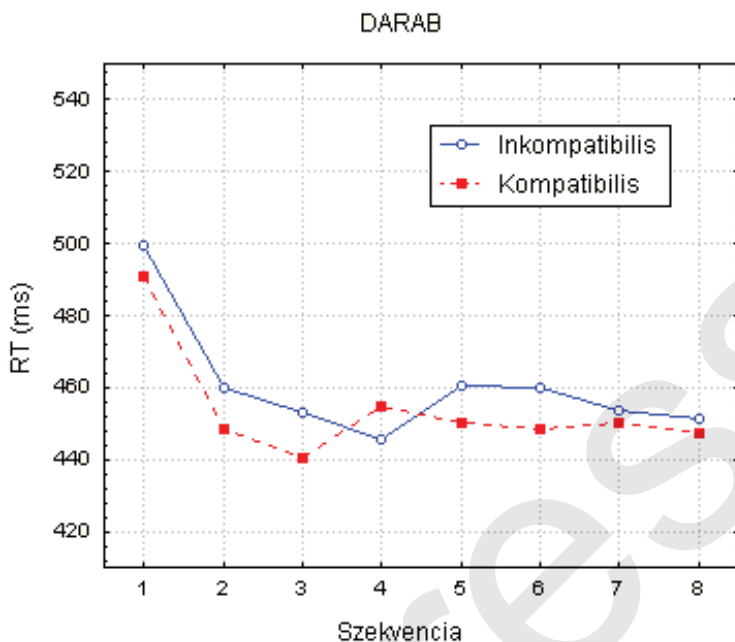
Az 4.a. és b. ábrák mutatják a reakcióidők alakulását a szekvencia különböző pontjain kompatibilis és inkompatibilis ingerek esetén a DARAB feladatban (4.a.) és ÉRTÉK feladatban (4.b.).

A szignifikáns Feladat főhatás [ $F(1,36)=67,335$ ;  $p<0,001$ ], azt mutatja, hogy ÉRTÉK feladatban a reakcióidők lassabbak. A

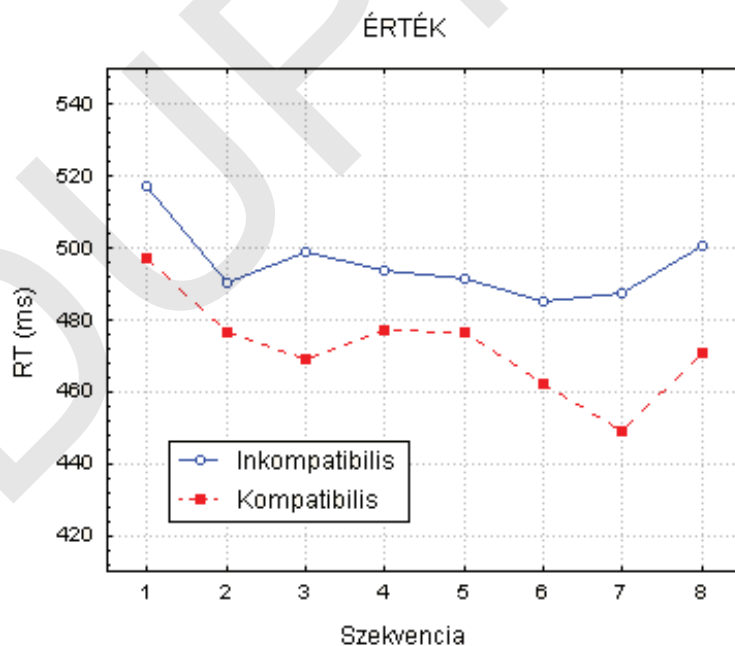
szignifikáns Feladat x Kompatibilitás interakció szerint [ $F(1,36)=23,758$ ;  $p<0,001$ ] a feladatok közötti különbség mind kompatibilis, mind pedig inkompatibilis ingerek esetén kimutatható, de inkompatibilis ingerek esetén e különbség fokozódik. A szignifikáns Feladat x Szekvencia [ $F(7,252)=4,542$ ;  $p<0,001$ ] interakció szerint a feladatok közötti különbség az egyes szekvenciális pozíciókban eltérő nagyságú. A kontrasztvizsgálat szerint ez elsősorban annak köszönhető, hogy az 1. pozícióban mért minimális különbség (10 ms) lényegesen kisebb, mint a későbbi sorrendi pozíciókban (1. vs. 2., 3., 4., 5., 8.) mért eltérések [ $F(1,36)>8,321$ ;  $p<0,007$ ], kivéve a leggyorsabb válaszok esetén (6., 7. pozíció) mért különbségeket ( $p>0,05$ ).

A szignifikáns Kompatibilitás főhatás [ $F(1,36)=71,481$ ;  $p<0,001$ ] azt mutatja, hogy Inkompatibilis ingerek esetén a válaszok reakcióideje lassabb. A szignifikáns Feladat x Kompatibilitás interakció [ $F(1,36)=23,758$ ;  $p<0,001$ ] a kompatibilitási hatás szempontjából azt jelenti, hogy a kompatibilis és az inkompatibilis ingerekre adott válaszidők különbsége ÉRTÉK feladat esetén nagyobb. A Kompatibilitás x Szekvencia interakció nem szignifikáns ( $p>0,05$ ), azaz a kompatibilis ingerek javára kimutatható különbség a szekvencia minden pontján kimutatható.

A szignifikáns Szekvencia főhatás [ $F(7,30)=7,377$ ;  $p<0,001$ ] azt sejteti, hogy a reakcióidők eltérő nagyságúak a szekvencia különböző pontjain. E hatás mögött a kontrasztvizsgálat tanúsága szerint az 1. pozícióban adott válaszok idejének megnövekedése áll. Az 1. pozícióban álló ingerekre adott reakcióidő kontrasztjában valamennyi összehasonlítás (az 1. és a többi sorrendi pozícióban mért reakcióidők különbsége páronként) szignifikánsnak adódott [ $F(1,36)>25,641$ ;  $p<0,001$ ]. Amennyiben a referencia kategória a 8. pozíció, a 8.-1. összehasonlítás mellett [ $F(1,36)=45,946$ ;  $p<0,001$ ] a 8.-7. (az utolsó és a leggyorsabb) összehasonlítás is szignifikánsnak bizonyult [ $F(1,36)=11,453$ ;  $p=0,002$ ]. A fentebb jelzett szignifikáns Feladat x Szekvencia [ $F(7,252)=4,542$ ;  $p<0,001$ ] interakció a szekvencia hatás felől értelmezve azt jelenti, hogy a szekvencia 1. pozíciójában mért reakcióidőnek a 2-5. és a 8. pozíciók reakcióidejéhez történő viszonyítása (páronként) esetén, a különbségek DARAB feladat esetén lényegesen nagyobbak bizonyultak, mint ÉRTÉK feladat esetén, míg az 1.-6. és az 1.-7. különbség nem tér el a két feladatnál.



4.a ábra. A reakcióidők alakulása a szekvencia egyes pontjain kompatibilis és inkompatibilis ingerek esetén DARAB feladatban.



4.b ábra. A reakcióidők alakulása a szekvencia egyes pontjain kompatibilis és inkompatibilis ingerek esetén ÉRTÉK feladatban.

A nem szignifikáns Szekvencia x Kompatibilitás interakció ( $p > 0,05$ ) a szekvencia hatás szempontjából azt jelenti, hogy az egyes szekvenciális pontokon mért reakcióidők összehasonlítása kompatibilis és inkompatibilis ingerek esetén egyaránt az 1. pozíció válaszüzenetének jelentős megnyúlását mutatja.

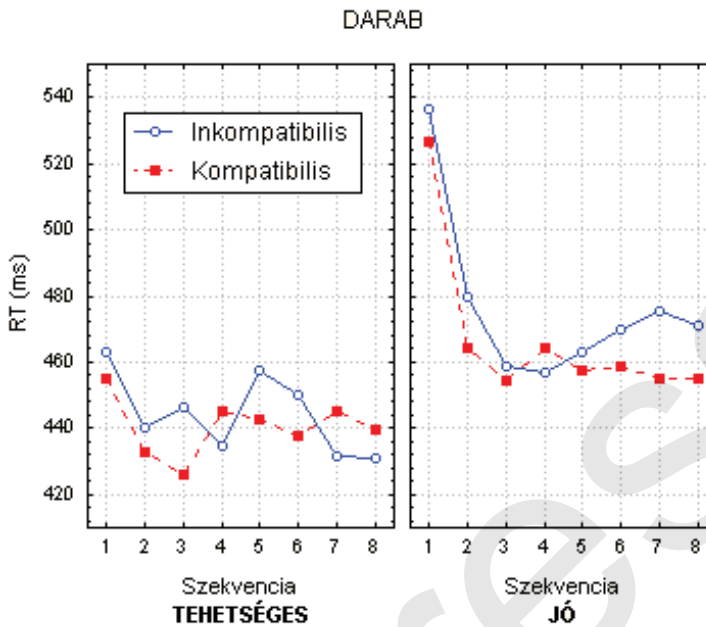
Mindezek után a nem szignifikáns Szekvencia x Kompatibilitás x Feladat hármasszoros interakció ( $p > 0,05$ ) arra utal, hogy a feladatok közötti különbség, mely az ÉRTÉK feladatban mért magasabb reakcióidőknek köszönhető (átlagosan, kb. 27 ms), és amely inkompatibilis ingerek esetén jelentősebb (átlagosan, kb. 36 ms), mint kompatibilis ingerek esetén (átlagosan, kb. 19 ms) a szekvencia minden pontján megfigyelhető. Más megfogalmazásban, a kompatibilitási hatás, mely az inkompatibilis ingerekre adott válaszreakcióidők megnyúlásából fakad (átlagosan kb. 15 ms), és amely a szekvencia minden pontján kimutatható (átlagosan kb. 16 ms) ÉRTÉK feladat esetén némiképp markánsabban érvényesül (átlagosan kb. 24 ms), mint DARAB feladatban (átlagosan kb. 7 ms). Más megfogalmazásban, a szekvencia hatás, mely elsősorban az 1. pozícióban mért válaszreakcióidők jelentős megnyúlásából fakad (átlagosan kb. 39 ms többlet), és amely kompatibilis és inkompatibilis ingerek esetén hasonlóképpen megfigyelhető (átlagosan kb. 40 ms és 38 ms), Darab feladat esetén némiképp markánsabban érvényesül (átlagosan kb. 47 ms), mint ÉRTÉK feladat esetén (átlagosan kb. 29 ms).

#### 8.1.2.1.2. CSOPORTOK KÖZÖTTI KÜLÖNBSÉGEK VIZSGÁLATA

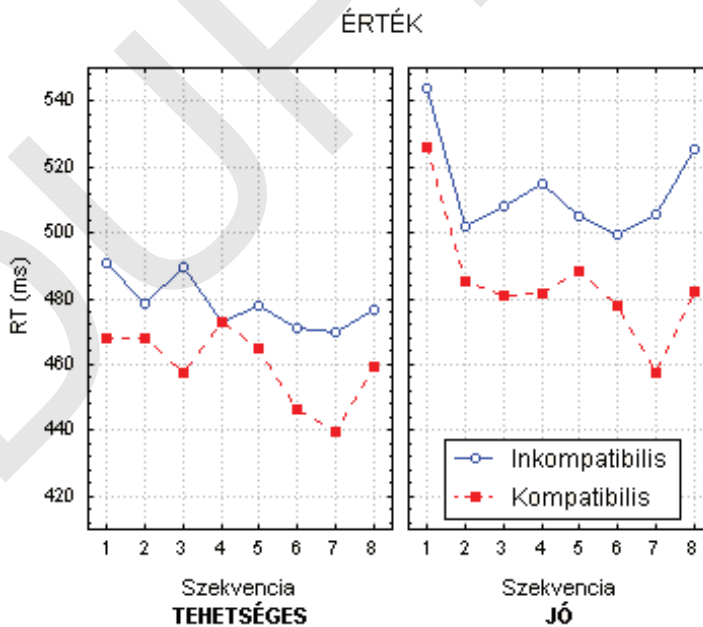
Az 5.a. és b. ábrák mutatják a reakcióidők alakulását a szekvencia különböző pontjain kompatibilis és inkompatibilis ingerek esetén a két csoport teljesítménye alapján DARAB feladatban (5.a.) és ÉRTÉK feladatban (5.b.).

A Csoport változó főhatása az eredmények szerint nem bizonyult szignifikánsnak ( $p > 0,05$ ) azt mutatva, hogy a két csoport között nem mutatható ki lényeges eltérés általában a válaszreakció sebességét tekintve, azaz a válaszreakció sajátos körülményeire (feladat-típus, ingertípus, ingersorrend) tekintet nélkül. Ezt az eredményt és a fenti elemzésnél mondottakat is figyelembe véve, a nem szignifikáns Csoport x Feladat interakció ( $p > 0,05$ ) azt jelenti, hogy a két feladat között a DARAB feladat javára kimutatható különbség mindkét csoportban egyformán megjelenik, azaz a csoportok teljesítménye nem tér el egymástól egyik feladat esetén sem. A szignifikáns Csoport x Kompatibilitás interakció [ $F(1,36)=4,598$ ;  $p=0,039$ ] azt mutatja, hogy az inkompatibilis ingerekre adott válaszreakcióidők ideje a kompatibilis ingerek esetén mért

válaszidőkhöz képest a Jó csoportban lényegesen lassabb, mint a Tehetséges csoportban. Más megfogalmazásban, a csoportok teljesítménye lényeges mértékben különvlik egymástól inkompatibilis ingerhelyzetben. A szignifikáns Csoport x Szekvencia interakció [ $F(7,252)=5,65$ ;  $p<0,001$ ] azt mutatja, hogy a két csoport teljesítménye lényegesen eltér egymástól a sorrendi pozíciót figyelembe vevő összehasonlításban. Avagy, a sorrend hatásáról fentebb megállapítottak (lényeges reakcióidő növekmény az 1. pozícióban a szekvencia későbbi pontjaihoz képest) a két csoport teljesítményére nézve eltérően érvényesek. Részleteiben, a kontrasztvizsgálatok tanúsága szerint ez a következőket jelenti: a két csoport teljesítményének különbsége, az 1. pozícióban mérhető különbséget referenciapontként véve valamennyi összehasonlításban (1.-2., 1.-3. ... 1.-8.) szignifikánsnak adódott [ $F(1,36)>8,549$ ;  $p<0,006$ ]. A 8. pozícióban mért különbséghez is viszonyítva, a 8.-1. összehasonlítás mellett [ $F(1,36)=10,633$ ;  $p=0,002$ ] csupán 8.-5. összehasonlítás lett szignifikáns [ $F(1,36)=6,853$ ;  $p=0,013$ ], minden egyéb összehasonlítás nem érte a jelentős mérték szintjét ( $p>0,05$ ). Másképpen megfogalmazva, az 1. pozícióban mért reakcióidő nagysága a többi szekvenciális pozíció válaszidőihez képest a Tehetséges csoportban lényegesen kisebb, mint a Jó csoportban. A Csoport változó figyelembe vétele nem változtatja meg azt a fentebb ismertetett összefüggést, hogy a kompatibilitási hatás markánsabban érvényesül ÉRTÉK feladatban, mint DARAB feladatban, vagyis mindkét csoportban érvényes ez az összefüggés, ahogyan ez a Feladat x Kompatibilitás x Csoport hármas interakció szignifikancia szintjén látszik ( $p>0,05$ ). Hasonlóképpen, mindkét csoportban a reakcióidők alakulása a sorrendi pozíció függvényében némiképpen eltérő a két feladat esetén (Feladat x Szekvencia x Csoport:  $p>0,05$ ). Továbbá, mindkét csoportnál megfigyelhető, hogy a kompatibilis ingerek előnye az inkompatibilis ingerek fölött megmarad a szekvencia minden pontján (Kompatibilitás x Szekvencia x Csoport:  $p>0,05$ ). Végezetül, mindkét csoportra igaz, hogy a kompatibilis és az inkompatibilis válaszidők különbsége (kompatibilis < inkompatibilis) az egyes szekvenciális pozíciók szerint (1.  $\geq$  2.-8.) eltérően alakul a két feladat esetén (DARAB < ÉRTÉK) (Feladat x Kompatibilitás x Szekvencia x Csoport:  $p>0,05$ ).



5.a ábra. A Tehetséges és a Jó csoport reakcióidő átlagainak alakulása a szekvencia egyes pontjain kompatibilis és inkompatibilis ingerek esetén DARAB feladatban.



5.b ábra. A Tehetséges és a Jó csoport reakcióidő átlagainak alakulása a szekvencia egyes pontjain kompatibilis és inkompatibilis ingerek esetén ÉRTÉK feladatban.

## 8.1.2.1.3. VÁLTÁSI VESZTESÉG ÉS MATEMATIKAI INTELLIGENCIA, ÁLTALÁNOS INTELLIGENCIA, NEMI KÜLÖNBSEGEK

Vizsgálatunk alapkérdése szempontjából legfontosabb eredmény az előző elemzés alapján a Csoport x Szekvencia szignifikáns interakció. Ezen összefüggés további elemzésére ad lehetőséget a 'hagyományos' megközelítés, mely a váltási reakcióidő növekményének a teljesítmény alapszintjéhez történő viszonyításán, azaz a váltási reakció idő és a váltást nem kívánó (ismétlődő) próbák reakcióidejének különbségén alapul. Az ezen a módon kalkulált mutató szokásos elnevezése a *váltási veszteség*. Ebben az elemzésben a szekvencia első próbáinak átlaga adja a váltási időt, a szekvencia további tagjainak átlaga pedig a teljesítmény alapszintjét. A szekvencia 2.-8. pontjain mért reakcióidők átlagolását a fentebb bemutatott eredmény indokolja, miszerint mindkét csoport esetén a reakcióidők, lényegében konstansnak tekinthetők (legalább is a 1. pozícióban mért időhöz képest). A váltási veszteség közvetlen elemzésekor mind a feladat, mind pedig az ingerek sajátosságaitól eltekintünk. A váltási veszteség, tehát az 1. pozícióban mért reakcióidők (feladattípustól, és inger-kompatibilitástól független) átlagának és a 2.-8. sorrendi pozíciókban mért válaszütemek (feladattípustól, és inger-kompatibilitástól független) átlagának különbségéből adódik.

Az általános intelligencia szintje esetleges teljesítménybefolyásoló hatásának kiszűrésére a Raven tesztben elért pontok alapján meghatározott IQ pontszámokat is figyelembe vettük kovariáns változóként. Tekintettel arra, hogy a nemi arányok a két csoportban eltérnek, a Nem (Lány vs. Fiú) változó bevonása az elemzésbe, lehetővé teszi, hogy az esetlegesen létező nemi különbségek hatását figyelembe véve válják értelmezhetővé a matematikai intelligencia és az általános intelligencia hatása.

Kovarianciaanalíziseket végeztünk a fentebb ismertetett módon számolt váltási veszteség mutatóra, mint függő változóra a Csoport (Tehetséges vs. Jó) mellett a Nem (Lány vs. Fiú) személyek közötti faktor és az IQ kovariáns változó beemelésével. Mivel a fentebbi elemzés azt mutatja, hogy az intelligencia szint tekintetében nincsenek nemi különbségek, és hogy a csoportok intelligenciaszintbeli eltérésére nincs hatással a csoportok nemi arányainak eltérése, a nemi különbségek hatására irányuló elemzésben a Nem, a Csoport főhatásait, illetve a Nem x Csoport interakciót teszteljük az IQ kovariáns szerepeltetése mellett, illetve kihagyásával.

A 7. táblázat mutatja a váltási (1. pozíció) és alap (a 2.-8. pozíciók átlagolása után kapott) reakcióidőket a két csoportban

kompatibilis és inkompatibilis ingerek esetén a két feladatra külön-külön.

A váltási veszteség Csoport és Nem változók szerinti alakulását az intelligenciaszint feltüntetésével mutatja a 8. táblázat.

A váltási veszteségek IQ szint szerinti alakulását mutatja 6. ábra a Csoport változó szerinti bontásban. A szignifikáns Csoport hatás [ $F(1,36)=13,606$ ;  $p=0,001$ ] azt mutatja, hogy a Tehetséges csoportban lényegesen kisebb a váltás hatását mutató váltási veszteség nagysága, mint a Jó csoportban.

	DARAB				ÉRTÉK			
	Inkomp.		Komp.		Inkomp.		Komp.	
	Alap	Váltás	Alap	Váltás	Alap	Váltás	Alap	Váltás
<b>Teh.</b>	441,7 (65,7)	462,9 (68,0)	438,6 (60,4)	455,3 (54,7)	476,6 (70,0)	490,5 (66,2)	458,5 (63,1)	467,9 (54,1)
<b>Jó</b>	467,9 (59,7)	536,2 (80,7)	458,4 (49,5)	526,6 (66,3)	508,6 (59,3)	543,8 (70,2)	479,1 (52,2)	526,1 (68,5)

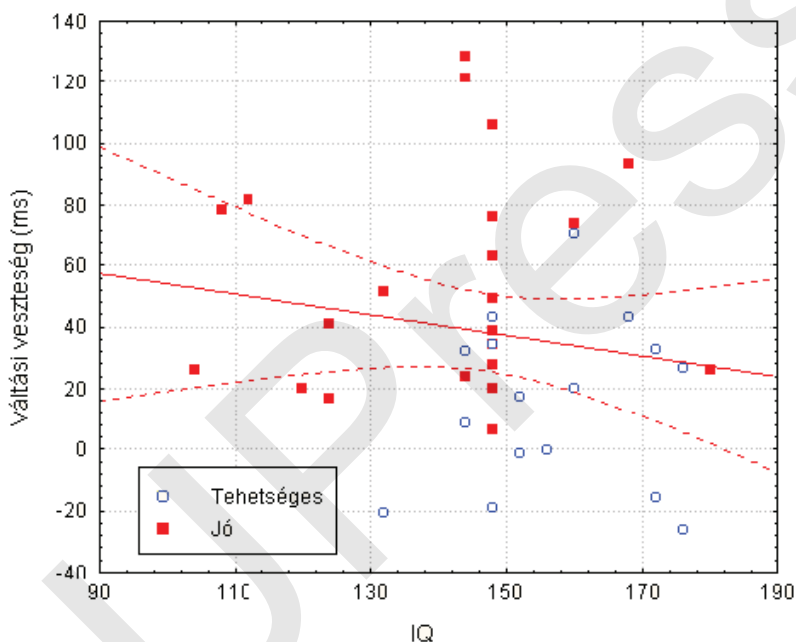
7. táblázat. A Teh(etséges) és a Jó csoport váltási és alap reakcióidő átlagai (és szórásai) kompatibilis és inkompatibilis ingerek esetén DARAB és ÉRTÉK feladatban.

		Váltási veszteség (ms)		IQ	
		Átlag	szórás	Átlag	szórás
<b>Tehetséges</b>	<b>Lány</b>	19,26	(25,6)	161	(12,8)
	<b>Fiú</b>	13,97	(29,2)	155,3	(13,4)
<b>Jó</b>	<b>Lány</b>	53,59	(38,0)	138,3	(21,8)
	<b>Fiú</b>	57,59	(31,0)	147,3	(1,6)

8. táblázat. A váltási veszteség nagysága (átlag, szórás) és az IQ a Tehetséges és a Jó csoport esetén nemek szerint.

A Nem faktorváltozót és IQ kovariánst szerepeltető elemzés eredményei szerint a Nem változó hatása önmagában nem szignifikáns ( $p>0,05$ ), hasonlóképpen a Nem x Csoport interakció sem szignifikáns ( $p>0,05$ ). Az IQ hatása sem bizonyult szignifikánsnak ( $p>0,05$ ), ugyanakkor a Tehetséges és Jó csoport közötti különbség a váltási veszteség nagysága szempontjából jelentős-

nek bizonyult [ $F(1,33)=9,04$ ;  $p=0,005$ ] azt jelezve, hogy az eredmények alakulásának adekvátabb magyarázata lehetséges a Csoport változóban megtestesülő matematikai tehetség hatása alapján, az intelligencia szint hatásának kiszűrése után is. Ezt az interpretációt megerősíti az is, hogy ugyanezen elemzésben, a Csoport változó kihagyásakor, azaz csupán az IQ kovariáns szerepeltetésekor, tehát lényegében regresszióelemzés esetén az IQ hatása nem szignifikáns ( $p>0,05$ ).



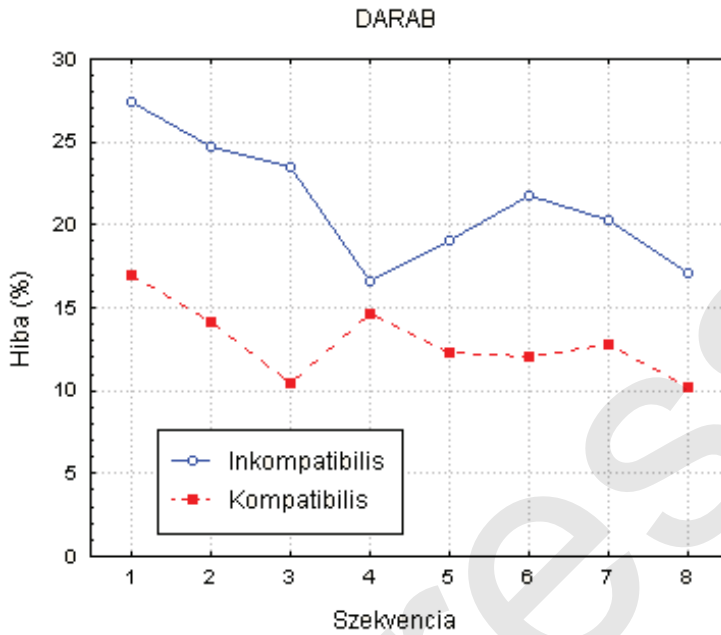
Ismételt méréses ANOVA-t használtunk Feladat (DARAB vs. ÉRTÉK), Kompatibilitás (Kompatibilis vs. Inkompatibilis), Szekvencia (1-8) személyen belüli faktorokkal. A szignifikanciaszintet ebben az esetben is - mivel a szintek száma a legtöbb összehasonlításkor több mint kettő - a Within-Subjects Effects tesztek szerinti szabadságfokok alapján számított F statisztikának megfelelően adjuk meg, amennyiben a kontrasztok függetlensége fennáll. A Csoport (Tehetséges vs. Jó) személyek közötti faktor elemzésbevonása biztosítja a csoportkülönbségek elemezhetőségét. A hibaarány szekvencia szerinti alakulásának elemzésére, illetve az interakciók elemzésére kontrasztvizsgálatot (SIMPLE) végeztünk a szekvencia első, illetve utolsó (8.) pontjait megjelölve referenciapontként.

#### 8.1.2.2.1. ALAPJELENSÉGEK

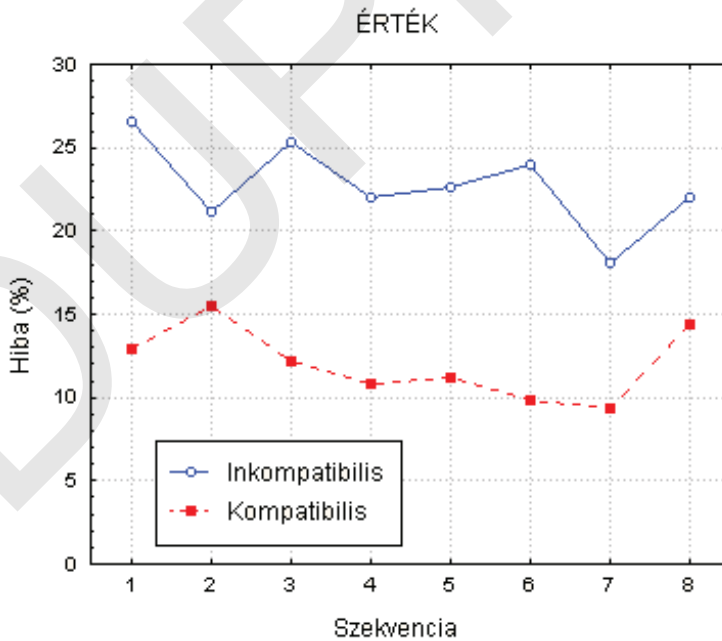
Az 7.a. és b. ábrák mutatják a hibaszázalékok alakulását a szekvencia különböző pontjain kompatibilis és inkompatibilis ingerek esetén a DARAB feladatban (7.a.) és ÉRTÉK feladatban (7.b.). A nem szignifikáns Feladat ( $p > 0,05$ ) főhatás azt mutatja, hogy a feladatok között a reakcióidőben kimutatott nehézségbeli eltérés a hibaszázalékokban nem tükröződik. A Kompatibilitás [ $F(1,36)=237,639$ ;  $p < 0,001$ ] főhatás azt mutatja, hogy inkompatibilis inger esetén lényegesen nagyobb (majdnem kétszeres mértékű), az elrontott válaszok aránya a kompatibilis ingerek hibaarányához képest. A szignifikáns Feladat x Kompatibilitás interakció [ $F(1,36)=6,247$ ;  $p = 0,017$ ] azt mutatja, hogy a hibaaránybeli eltérés a kompatibilis és az inkompatibilis ingerek között ÉRTÉK feladat esetén némiképp nagyobb. A Kompatibilitás x Szekvencia interakció [ $F(7,252)=3,188$ ;  $p = 0,03$ ] azt mutatja, hogy a kompatibilitási hatás a szekvencia függvényében módosul, azaz a kompatibilis-inkompatibilis különbségek a szekvencia egyes pontjain eltérőek, a legnagyobb 12-14%-nyi eltérés (1., 3., és 6. pozíció) és 7%-nyi eltérés (4. és 8. pozíció) között szóródva. A szignifikáns Szekvencia főhatás [ $F(7,30)=5,447$ ;  $p < 0,001$ ] azt sejteti, hogy a hibaarányok lényegesen különböznek a szekvencia különböző pontjain. A kontrasztvizsgálatok szerint e hatás nagymértékben annak köszönhető, hogy az 1. helyen valamennyi sorrendi pozícióval összehasonlítva (az 1.-2. összehasonlítást kivéve:  $p > 0,05$ ) lényegesen magasabb a hibaarány [ $F(1,36) > 7,642$ ;  $p < 0,009$ ]. Kiseb mértékben e hatás a 2. és 3. pozícióban megemelkedett hibaarányok tulajdonítható, ami a 8. pozíciót referenciának tekintő elemzésből látható. E szerint az utolsó helyen mért hibaarány lényegesen eltér nem csak az 1., hanem a 2. és 3. helyen mért

hibaarányoktól [ $F(1,36)=4,041$ ;  $p<0,052$ ; és  $F(1,36)=4,867$ ;  $p<0,034$ ], míg 4.-8. pozíciókban lényegében konstans marad ( $p>0,05$ ). A Feladat x Szekvencia szignifikáns interakció [ $F(7,252)=3,467$ ;  $p=0,01$ ] szerint a fentebbi szekvencia hatás úgy módosul a feladattípus figyelembevételével, hogy amíg a DARAB feladatban az 1. és 2. helyen, addig az ÉRTÉK feladatban 1-3. és 8. helyeken magasabb a hibaarány (kb. 20-22% és 18-20%) a többi szekvenciális pozíció hibaarányához képest (kb. 14-17% mindkét feladatban). A fentebb említett szignifikáns Kompatibilitás x Szekvencia interakció [ $F(7,252)=3,188$ ;  $p=0,03$ ] a szekvencia hatás felől nézve úgy értelmezhető, hogy a sorrendi hatás inkompatibilis ingerek esetén lényegesen markánsabban érvényesül (körülbelül 8%-nyi eltérés a legnagyobb - 1. pozíció - és a legkisebb - 4. pozíció - hibaarányok között), mint kompatibilis ingerek esetén (körülbelül 4%-nyi eltérés ugyanilyen összevetésben).

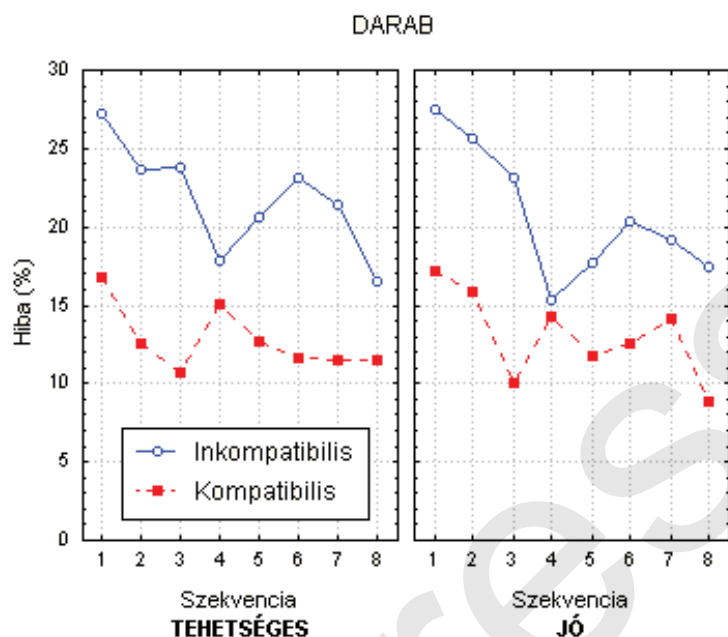
A három hatótényezőt együttesen figyelembe vevő Feladattípus x Kompatibilitás x Szekvencia interakció szignifikanciája [ $F(7,252)=2,991$ ;  $p=0,005$ ] a legegyszerűbben úgy értelmezhető, hogy az - egyébként konzekvensen megmutatkozó - kompatibilitási hatás nagyságának alakulása a sorrendi pozíció szerint eltér a két feladat esetén, miként 7.a és 7.b ábrákon látszik. Az ezen összefüggést elemző kontrasztvizsgálat szerint, az 1. pozícióban mért inkompatibilis-kompatibilis különbséget referenciának véve a két feladat közötti eltérés csupán az 1.-2. összehasonlításban bizonyult szignifikánsnak [ $F(1,36)=6,737$ ;  $p=0,014$ ]. A 8. pozícióban mért különbséget viszonyítási pontnak véve, 8.-4. összehasonlításban is jelentősnek bizonyult [ $F(1,36)=5,988$ ;  $p=0,019$ ], a két feladat közötti különbség. Másképpen fogalmazva, a hibaarányok alakulása kompatibilis ingerek esetén, DARAB és ÉRTÉK feladatban egyaránt viszonylag egyenletesnek mondható. Inkompatibilis ingerek esetén jelentős mértékű szekvencia hatás figyelhető meg mindkét feladatban, ez azonban csupán annyiban tekinthető jellegzetesnek, hogy az 1. pozícióban legnagyobb a hibázások aránya.



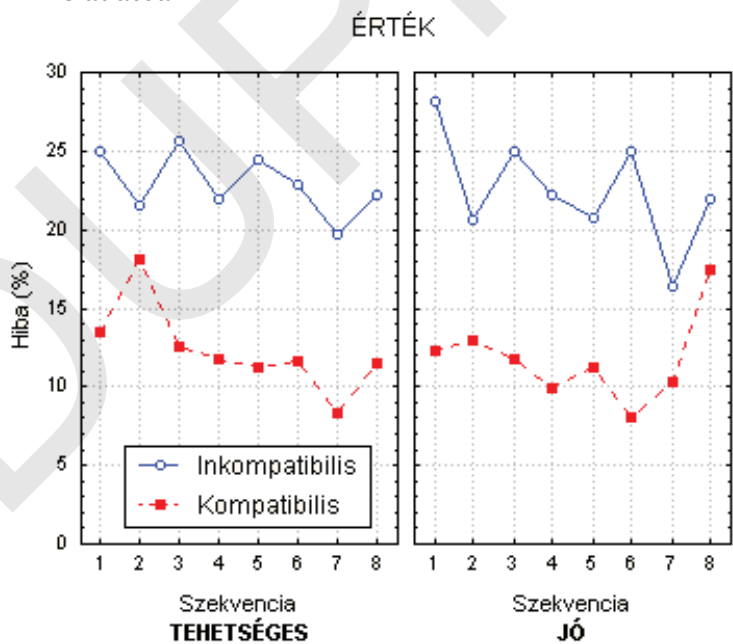
7.a ábra. A hibaszázalékok alakulása a szekvencia egyes pontjain kompatibilis és inkompatibilis ingerek esetén DARAB feladatban.



7.b ábra. A hibaszázalékok alakulása a szekvencia egyes pontjain kompatibilis és inkompatibilis ingerek esetén ÉRTÉK feladatban.



8.a ábra. A Tehetséges és a Jó csoport hibaszázalék átlagainak alakulása a szekvencia egyes pontjain kompatibilis és inkompatibilis ingerek esetén DARAB feladatban.



8.b ábra. A Tehetséges és a Jó csoport hibaszázalék átlagainak alakulása a szekvencia egyes pontjain kompatibilis és inkompatibilis ingerek esetén ÉRTÉK feladatban.

#### 8.1.2.2.2. CSOPORTOK KÖZÖTTI KÜLÖNBSÉGEK VIZSGÁLATA

Az 8.a. és b. ábrák mutatják a hibaszázalékok alakulását a szekvencia különböző pontjain a két csoport teljesítménye alapján kompatibilis és inkompatibilis ingerek esetén a DARAB feladatban (8.a.) és ÉRTÉK feladatban (8.b.). A Csoport változó nem szignifikáns hatása ( $p > 0,05$ ) azt jelzi, hogy a hibaarányok tekintetében nincs jelentős eltérés a Tehetséges és Jó csoport között.

Mivel a Csoport változó egyetlen interakciója sem bizonyult szignifikánsnak, megállapítható, hogy a fentebb bemutatott hatások és hatásmódosulások a Csoport változó elemzésbe vonásával nem módosulnak, azaz a feladat-típus, a kompatibilitás illetve a szekvencia közvetlen és áttételes hatásai hasonlóképpen érvényesülnek a Tehetséges és a Jó csoportban.

#### 8.1.2.2.3. VÁLTÁSI VESZTESÉG ÉS MATEMATIKAI INTELLIGENCIA, ÁLTALÁNOS INTELLIGENCIA, NEMI KÜLÖNBSÉGEK

A fentiek fényében a váltási veszteség közvetlen elemzésétől nem várható újabb fejlemény a csoportkülönbségek szempontjából, ugyanakkor az intelligencia szintnek, illetve a nemi arányok csoportok közötti eltéréseinek tulajdonítható torzító hatások kiszűrésére további elemzéseket hajtottunk végre. A váltási veszteség kalkulálásakor ebben az elemzésben is eltekintünk mind a feladat, mind pedig az ingerek sajátosságaitól. A váltási veszteség, tehát az 1. pozícióban mért hibaarányok (feladattípustól, és inger-kompatibilitástól független) átlagának és a 2.-8. sorrendi pozíciókban mért hibaarányok (feladattípustól, és inger-kompatibilitástól független) átlagának különbségéből adódik. A Raven tesztnél elért pontok alapján meghatározott IQ pontszámokat vettük figyelembe kovariáns változóként az általános intelligencia szint hatásának kiszűrésére, a Nem (Lány vs. Fiú) csoportváltozót, pedig a nemi arányok eltéréseiből fakadó hatás elemzésére.

Kovarianciaanalíziseket végeztünk a fentebb ismertetett módon számolt váltási veszteség mutatóra, mint függő változóra a Csoport (Tehetséges vs. Jó) mellett a Nem (Lány vs. Fiú) személyek közötti faktor és az IQ kovariáns változó beemelésével. A nemi különbségek hatásának elemzésekor ezúttal is csupán a Nem változó, és a Nem x Csoport interakció hatását elemző modellt teszteltük az IQ kovariáns bevonásával, illetve kihagyásával. A 9. táblázat mutatja a váltási (1. pozíció) és alap (a 2.-8. pozíciók átlagolása után kapott) hibaszázalékokat a két csoportban inger-

típusok szerint a két feladatra külön-külön. A hibaaarány-különbségek Csoport és Nem változók szerinti alakulását az intelligenciaszint feltüntetésével mutatja a 10. táblázat.

	DARAB				ÉRTÉK			
	Inkomp.		Komp.		Inkomp.		Komp.	
	Alap	Váltás	Alap	Váltás	Alap	Váltás	Alap	Váltás
<b>Teh.</b>	20,9	27,3	12,2	16,8	22,6	25,0	12,2	13,4
	(8,1)	(8,7)	(4,9)	(13,1)	(8,7)	(10,0)	(7,2)	(10,3)
<b>Jó</b>	19,8	27,5	12,5	17,2	21,7	28,2	11,7	12,3
	(5,8)	(15,6)	(6,1)	(11,1)	(8,8)	(12,1)	(6,1)	(7,2)

9. táblázat. A Tehet(séges) és a Jó csoport váltási és alap hibaszázalék átlagai (és szórásai) kompatibilis és inkompatibilis ingerek esetén DARAB és ÉRTÉK feladatban.

		Váltási veszteség (hiba %)		IQ	
<b>Tehetséges</b>	Lány	3,89	(3,2)	161	(12,8)
	Fiú	3,54	(6,4)	155,3	(13,4)
<b>Jó</b>	Lány	4,15	(4,5)	138,3	(21,8)
	Fiú	6,69	(7,9)	147,3	(1,6)

10. táblázat. A váltási veszteség hibaszázalékban kifejezett nagysága (átlag, szórás) és az IQ a Tehetséges és a Jó csoport esetén nemek szerint.

Az eredmények szerint, sem a Csoport, sem a Nem, sem az IQ változót önmagukban szerepeltető modellek nem bizonyultak szignifikánsnak ( $p > 0,05$ ). A Csoport főhatás, a Nem főhatás és a Csoport x Nem interakció nem szignifikáns az IQ kihagyásakor és az IQ szerepeltetésekor sem.

### 8.1.3. MEGBESZÉLÉS

A feladat-váltás kísérletünkben, a szakirodalmi adatokkal egybevágóan és elvárásainknak megfelelően markáns váltási hatás mutatkozott. Az új feladatra történő átváltás illetve a váltást lehetővé tevő rekonfigurációs folyamat nehézsége egyértelműen

megmutatkozik a váltást követő (1. pozíció) reakcióidő megnyúlásában. Habár a veszteség mértéke (kb. 30-40 ms) önmagában, a hasonló kísérletekben kimutatott veszteségek nagyságrendjéhez mérten nem túlságosan nagy, a reakcióidő alap-ingadozásához (2-8. pozíció) viszonyítva mégis jelentős mértékű. A hatás robosztusságát mutatja, hogy noha a két feladat és a két inger típus az adatok alapján nagymértékben különbözöknek tekinthető, a váltási hatás a feladat és az inger sajátosságaitól függetlenül jelentkezik. Továbbá, a váltás hatása az eredmények szerint egyértelműen a váltási ingerre korlátozódik, a szekvencia későbbi pontjain a reakcióidő lényegében konstansnak tekinthető. A hibázások elemzése, annak ellenére, hogy a szekvenciahatás jelentősnek bizonyult, nem mutat a reakcióidő adatokban megfigyelhető egyértelmű, váltási hatásra utaló trendet. A tendencia sokkal inkább azt sejteti, hogy a váltás hatásaképpen jelentkező hibázási 'hajlandóság' nagysága nem üt el jelentősen az egyébként, a feladat során (2-8. pozíció) tapasztalható pontosság-ingadozástól. A hibaszázalék elemzések eredményeinek szigorú értelmezését egyébként is kissé problémássá tenné, hogy az adatok sok esetben nem követik a normáeloszlás sajátosságait. Mindez úgy értelmezhető, hogy a válaszadás pontosságát hangsúlyozó feladat-instrukció betartása csak annak árán lehetséges, hogy a válaszadás ideje jelentősen megnő, különösképpen a nehezebb körülmények között (a feladat megváltozását követően, inkompatibilis ingerhelyzetben, ÉRTÉK feladatban).

Szintén 'papírforma' eredménynek tekinthető a reakcióidő és a hibaarány elemzésben is megmutatkozó kompatibilitási hatás. E hatás - legalább is ebben a kísérletben - szorosan összefügg a feladatok különbözőségével. A reakcióidő elemzésből egyértelműen megállapítható, hogy - némiképp meglepő módon - az ingerek számosságával kapcsolatos feladat könnyebbnek tűnik, mint a számingerek értékének megítélése. Annak ellenére, hogy a jelentéshez (érték) való hozzáférés automatikusan történik és annak ellenére, hogy számok értékével kapcsolatos feladat 'természetesebb', gyakoribb a hétköznapi tapasztalatokban, mint számok mennyiségével összefüggő feladat. E hatás mögött, valószínűsíthetően - a kísérleti személyek introspektív beszámolóij alapján - az áll, hogy az ingerek mennyiségének megítélésekor egyfajta 'téri' döntést kell hozni (milyen 'széles' az inger) és viszonylag gyors válaszra van lehetőség, az érték feladat lassabb, de nem pontatlanabb szemantikus döntéseihez képest. A feladatok nehézségbeli eltéréseinek köszönhető a kompatibilitási hatás, és ez mutatkozik meg azután a Kompatibilitás x Feladat interakcióban is. Inkompatibilis helyzetben az alternatív feladat szem-

pontjából releváns ingertulajdonság figyelmen kívül hagyása, illetve az ennek megfelelő választendencia gátlása nagyobb erőfeszítést igényel, mint kompatibilis helyzetben, amikor az alternatív válasz megegyezne az adekvát válasszal. Az 'automatikusabb' mennyiségi tulajdonság figyelmi ellensúlyozása (ÉRTÉK feladatban) pedig nagyobb reakcióidő-veszteséggel jár, mint az érték-tulajdonság figyelmen kívül hagyása (DARAB feladat).

A csoportok közötti különbségek vizsgálata egyértelműen jelzi a Tehetséges csoport fölényét a Jó csoport fölött a váltási hatás szempontjából. A Tehetséges diákoknál a váltási veszteség lényegesen kisebb, mint a Jó csoportnál, a feladat és az inger tulajdonságaitól függetlenül. A váltási hatáshoz hasonlóan a kompatibilitási hatás szempontjából is jelentős különbség van a két csoport között. A Tehetséges csoportban lényegesen kisebb mértékű az inkompatibilis helyzetben jelentkező reakcióidő növekedés. Mindkét esetben a kimutatott csoportkülönbségeket kihangsúlyozza a hibaelemzés eredménye, miszerint semmilyen vonatkozásban nem különbözik a két csoport teljesítménye. A hibaelemzés legfőbb tanulsága, hogy egyértelműen elutasítható a *gyorsaság/pontosság felcserélhetőségi hatás* alapján történő magyarázat. Azaz világosan megmutatkozik, hogy a reakcióidő növekedésében megjelenő váltási hatás, illetve kompatibilitási hatás, illetve e hatások eltérésében megmutatkozó csoportkülönbség nem jár együtt egy ellenkező hibaarány mintázattal. A tehetségesek nem a pontatlanság árán érnek el jobb reakcióidő teljesítményt, illetve a jók a lassabb válaszidők mellett nem pontosabbak. Meg kell említeni, azonban, hogy a hibázási arány abszolút értékben viszonylag magas (16-21% a váltási és a többi pozícióban), noha egyenletesen megoszló (a 88 váltási próbából 18,5, a szekvencia későbbi pontjain pozícióként 88 próbából átlagosan 14,6 válasz hibás) a hasonló kísérletekben általában tapasztalható hibaarányhoz viszonyítva. Úgy tűnik, hogy a pontosság e (még) tartható szintje a Jó csoport tagjainál azzal a következménnyel jár, hogy 'kritikus' helyzetekben (feladat-váltás után, inkompatibilis ingerek esetén) a reakcióidő lényegesen megnyúlik.

A kimutatott csoportkülönbségek az általános intelligencia szintjének figyelembevétele mellett is jelentősnek bizonyultak. Másképpen, annak ellenére, hogy a Tehetséges csoport tagjainak intelligencia szintje magasabb, a kovarianciaanalízis eredményei szerint a feladat-váltás kísérlet eredményeiben, elsősorban a váltási veszteség mértékében megjelenő csoportkülönbségek nem az általános intelligencia hatásának tulajdoníthatók. Ezen interpretáció mellett szól az is, hogy, amennyiben az általános intelligen-

ciát a feldolgozási folyamatok sebességével hozzuk kapcsolatba, az IQ eltéréseknek megfelelően általában vett gyorsasági különbség volna elvárható, mely azonban nem volt kimutatható. Továbbá megállapítható, hogy a nemek aránya eltérésének a két csoport között nincs hatása a váltási veszteségben jelentkező csoportkülönbségekre.

A reakcióidő-adatok alapján megállapítható tehát, hogy mind a Tehetséges, mind pedig a Jó csoport tagjainál a váltási hatás, azaz a reakcióidő feladat-váltást követő jelentős megnyúlása az ingerek kompatibilitásától függetlenül, és mindkét feladat esetén megjelenik. A váltási és a kompatibilitási hatás függetlensége, vagyis a kompatibilis és inkompatibilis reakcióidők különbségének állandósága a szekvencia különböző pontjain, illetve a váltási és alapidők eltérésének állandósága a két ingertípus esetén az additív faktor logika alapján azt sejteti, hogy a két hatás mögött két különálló, a teljes reakcióidőt a maga hozadékával emelő folyamat állhat. A végrehajtoi működések szempontjából tekintve ez az eredmény, más vizsgálatok következtetéseivel egybecsengően két független központi végrehajtó működés, nevezetesen a váltási és a szelekciós funkció megkülönböztetőségére utal. Ugyanakkor, nem hagyható figyelmen kívül, hogy a váltási hatás nagysága szempontjából különbség van a két feladat között. A szintén több ízben dokumentált aszimmetrikus váltási veszteség jelensége, jelen esetben azon eredményünk, miszerint a váltási veszteség nagyobb ÉRTÉK feladatról, mint DARAB feladatról történő váltás után, azaz a könnyebb feladat esetén (kb. 10-20 ms-mal) nagyobb a reakcióidőnövekmény az alapidőkhöz képest, mint a nehezebb feladat esetén azt sugallja, hogy a feladat-váltás folyamata nem függetleníthető teljes mértékben a feladat 'rendes', alapvetően a figyelmi szelekcióval kapcsolatos folyamataitól.

Ezen a ponton megjegyzendő, hogy a váltási veszteségben megfigyelhető aszimmetria a váltási hatás „tehetetlenségi”, proaktív interferenciára (lásd fentebb, Allport és Wylie, 2000) hivatkozó magyarázata melletti fontos érv. Jelen esetben a jelenség egyértelmű értelmezését nehezíti, hogy a feladatok nehézségének megítélése utólagosan, a reakcióidő adatok alapján történt meg (az előzetes elvárással éppen ellenkezőleg). A váltási hatásnak a váltás utáni 1. ingerre történő korlátozódása alapján valószínűsíthető, hogy a tehetetlenségből fakadó lassulás nem befolyásolhatja a csoportkülönbségek értelmezését. A másik alternatív, a motivációs eltérésekre hivatkozó magyarázat (lásd fentebb, De Jong, 2000) helytállóságának megítélése áttételesen, a reakcióidők gyakorisági eloszlásának vizsgálata helyett a szóródások

(Sd) vizsgálatával lehetséges. A váltási helyzetben és a szekven-  
cia későbbi pontjain mért reakcióidők szóródása (9. táblázat) azt  
mutatja, hogy e tekintetben nem különböznek a váltási és a vál-  
tás utáni reakcióidők. A reakcióidők szóródásának csoportok kö-  
zötti eltérésére vonatkozó elemzések (Levene test) nem jeleznek  
csoport eltéréseket, azaz azt az értelmezést sugallják, hogy a  
csoportkülönbségek háttérben nem a motiváció, a váltás iránti  
elköteleződés különbsége áll.

A kompatibilitási és a váltási hatás, elsősorban az időada-  
tok alapján megfigyelhető viszonya kapcsán egy további problé-  
ma is megemlíthető. Amennyiben a váltást követő (1. pozíció)  
inger kompatibilis, a helyes válasz, a kompatibilitás definíciójá-  
ból következően a másik feladat esetén is helyes volna. Elképzel-  
hető, hogy - az esetek egy részében legalább - a válasz tulajdon-  
képpen hibás, mert a már nem releváns, de még aktív üzemmód  
(alternatív feladat-készlet) alapján született meg, azonban az in-  
ger-válasz általunk alkalmazott elrendezése mellett e  
perszeverációs hiba maszkolódott. Egyszóval, ebben az esetben,  
amikor tehát a sorozat kompatibilis ingerrel kezdődik nincs mód  
arra, hogy a válasz alapján a váltás (rekonfiguráció) végbementé-  
ről teljes bizonyossággal meggyőződjünk. Jóllehet, e probléma a  
csoportokra vonatkozó eredményeinket nem érintik (Tehetség x  
Kompatibilitás x Váltás hármasszoros interakció sem a reakcióidők, sem  
a hibaarányok tekintetében nem szignifikáns) új kísérletet tervez-  
tünk, melyben kimutathatóvá válik a kompatibilis próbák esetén  
is előforduló perszeverációs hiba, ezáltal az időadatokban ta-  
pasztható csoportkülönbségek értelmezése megbízhatóbbá vá-  
lik. E probléma kiküszöbölése az S-R kapcsolatok újradefiniálása  
alapján vagy a kritikus ingerek (1. pozíció) gondos megválogatá-  
sával (pl. mindig inkompatibilis inger kezdi a sorozatokat) lehet-  
séges. Az első lehetőséget választva különválasztottuk a két fel-  
adathoz tartozó válaszkimeneteket úgy, hogy az ingerek kétérté-  
kűsége megmaradt, míg a válaszkimenetek közötti átfedés, egyér-  
tékű válaszkimenetek meghatározásával megszűnt<sup>19</sup>. Részleteseb-  
ben, tehát a változtatás azt jelenti, hogy az egyik feladat szem-

<sup>19</sup> A válaszkimenet kétértékűségének megtartása mellett az inger-válasz  
kapcsolat egyszerű megfordítása a fenti problémát nem oldja meg, ha-  
nem, csupán az inkompatibilis ingerek egy része esetére korlátozza. A  
probléma végleges megoldását a két feladathoz tartozó válaszkimenetek  
teljes különválasztása (pl. DARAB: bal kéz, 0 és 1 billentyű; ÉRTÉK: jobb  
kéz, 8 és 9 billentyű) jelentené, ez a megoldás azonban - tekintve, hogy a  
feladat nehézségéből fakadóan az előkészületi idők nem csökkenthetők  
túlságosan - esetlegesen a váltási veszteség jelentős csökkenését ered-  
ményezné.

pontjából releváns tulajdonság csupán egyik kimenetére (pl. Darab feladatban: több, mint öt - bal kéz) kell válaszolni, míg a másik kimenetre (pl. Darab feladatban: kevesebb, mint öt) nem kell válaszolni, és hasonlóképpen a másik feladatban is (Érték feladat: nagyobb, mint 5 - jobb kéz). Ilyen elrendezés mellett a váltás előtt adekvát feladat-készlet alapján hozott válasz, reakcióidő helyzetben (amikor kell válaszolni) egyértelműen hibásnak bizonyul, és kompatibilis esetben is, mint téves (válaszbillentyű) választás mutatkozik meg. Az inger kompatibilitása ugyanis azt jelenti ebben a kísérletben, hogy amennyibe a másik feladat lenne soron, akkor sem kellene ugyanerre az ingerre válaszolni, vagy akkor is kellene válaszolni, de a másik válaszbillentyűvel. Másképpen fogalmazva, az 'ingerjelentés' szerinti kompatibilitás és a válaszkimenet szerinti kompatibilitás különválik, egészen pontosan nincs lehetőség az egybeesésükre. Az igazság kedvéért meg kell jegyezni, hogy ilyen elrendezés mellett lehetséges olyan kompatibilis helyzet, amikor az instrukciónak megfelelően egyik feladatban sem kell válaszolni (pl. Instrukció: válaszolj a „több” (mint öt) és a „nagyobb” (mint 5) helyzetben; Inger: 111; Válasz: DARAB - Ø és ÉRTÉK - Ø). Ilyenkor a már inadekvát szempont szerinti helyes válasz megegyezik az adekvát szempont szerint válasszal (helyes elutasítás mindkét feladatban). A helytelen válasz (téves riasztás) válaszadás formájában egyértelműen megmutatkozik, a helyes válasz azonban elfedi a rekonfiguráció esetleges elmaradását, az 1. kísérlethez hasonlóan. Ugyanakkor a reakcióidő elemzés eredményeit nem torzítja el, hiszen ezekben az esetekben nincs is reakcióidő.

Az újabb vizsgálat lehetőséget ad az 1. kísérletben kimutatott összefüggések további vizsgálatára. Az első kísérletben viszonylag hosszú idő állt az új feladatra történő előkészületi folyamatok rendelkezésére. E viszonylag hosszú idő (600 ms jelző-inger-inger intervallum CTI) mellett is megjelent a váltási veszteség, noha viszonylag kis mértékben. Lecsökkentve az előkészületi időt jelentősebb váltási időnövekmény várható, és feltételezhetően a csoportkülönbségek markánsabban megjelennek. Ehhez kapcsolódik, hogy az elméleti áttekintésben említett elképzelések és vizsgálati eredmények szerint a rekonfiguráció folyamata a váltásra 'felszólító' jelzőinger által csupán elkezdődik, valójában, azonban az (új) inger megjelenésével fejeződik be. Erre utal az 1. kísérlet azon eredménye, miszerint a váltás hatása (a rekonfiguráció időigénye) csupán a váltást követő első ingerre korlátozódik, a szekvencia későbbi pontjain nem mutatható ki. Elképzelhető, hogy a váltási veszteség nagysága szempontjából kimutatott csoportkülönbség részben annak köszönhető, hogy a

tehetséges csoport, némiképp - ha nem is szignifikáns mértékben - gyorsabb válaszaik következtében hamarabb kezdtek hozzá az új feladatra történő előkészületekhez (az új inger megjelenésének előre rögzített idői rendjének következtében: ingerek közötti idő (ISI=800ms) mínusz inger-válasz (S-RI) idő plussz jelzőinger-inger (CTI=600ms) idő), így az új inger megjelenése már előkészítettebb állapotban találta a rendszert. Ide vehetnénk még azt a kevésbé valószínű lehetőséget is, hogy a tehetségesek valamiképpen hasznat húztak abból, hogy a feladat megváltozásának valószínűsége a 8. inger után 100%. Mindezeket figyelembe véve, módosítottuk az inger megjelenésének idői viszonyait. Az inger eltűnése a 2. kísérletben a kísérleti személy válaszához kötött, a válasz megjelenéséig, de nem tovább, mint az 1. kísérlet ingerek közötti intervalluma (1100ms) jelen volt. A választ követően a már említett csökkentett jelzőinger-inger intervallum szerint jelenik meg az új inger. A feladat-váltás rendje lehetővé teszi a kísérleti személyek számára a feladatváltozás bekövetkezésének elővételezését azáltal, hogy a rögzített hosszúságú sorozatok váltakoznak. Ezen kívül a sorozatok hosszúsága jelentősen lerövidül, figyelembe véve, hogy a váltási veszteség az 1. kísérletben a szekvencia 2-8. pontjain nem észlelhető.

## 8.2. BEJÓSQLHATÓ FIGYELMI VÁLTÁSOK VIZSGÁLATA

### 8.2.1. MÓDSZEREK

#### 8.2.1.1. INGEREK ÉS FELADATOK

Az ingerek elhelyezkedésüket, méretüket tekintve megegyeztek az 1. kísérletben alkalmazott ingerekkel. Ebben a kísérletben is a számok értéke az 5-ös érték kivételével 1 és 9 között változott, az egy sorban megjelenített számingerek értéke mindig azonos volt és a sort alkotó számok mennyisége egy és kilenc között változhatott úgy, hogy öt darab szám nem fordulhatott elő.

Az ingerekkel kapcsolatos feladat ezúttal is jelzőingerek (kék vagy zöld háttérszín, „ÉRTÉK” vagy „DARAB” felirat a bal felső sarokban) alkalmazása által állandó jelleggel és egyértelműen meghatározott.

A feliratok és a háttérszín által meghatározott feladatok ebben a kísérletben is az ingert alkotó számok értékének vagy az ingerek mennyiségének a figyelembevételét kívánták meg a kísérleti személyektől. ÉRTÉK feladat esetén, a számok mennyiségétől

függetlenül a sort alkotó számok értékéről kellett döntést hozni, a megadott referenciaponthoz (5-ös érték) viszonyítottan, azonban, az 1. kísérlettel ellentétben, csupán az egyik esetben (pl. 5-nél nagyobb) kellett gombnyomással reagálni. DARAB feladat esetén, az ingerelemek számszerű értékére tekintet nélkül, az ingert alkotó számoknak a megadott referenciaponthoz (öt darab) viszonyított mennyiségét kellett megítélni, de csak az egyik esetben (pl. öt-nél több) kellett gombnyomással reagálni. Egy kísérleti személy kizárólag a „nagyobb” és a „több”, vagy a „kisebb” és a „kevesebb” esetekben kellett, hogy gombnyomással reagáljon. (Az 1. kísérlettel ellentétben, ezúttal mind ÉRTÉK, mind DARAB feladat esetén bizonyos értelemben szelektív reakcióidő feladatról van szó.) Mivel az ingert alkotó számok 'érték' és 'mennyiség' tulajdonsággal is rendelkeznek, az ingerek ez esetben is kétértékűeknek tekinthetők.

A válaszbillentyűk megegyeztek az 1. kísérlet válaszbillentyűivel. ÉRTÉK feladatnál a 0 billentyű (bal kéz) jelenti például a „kisebb” választ, míg a „nagyobb” válasz nem kapcsolódik válaszkimenethez, DARAB feladatnál, pedig a 9 billentyű (jobb kéz) jelenti a „kevesebb” választ, míg a „több” válaszhoz nincs hozzárendelve válaszkimenet. A válaszbillentyűk, a fentieknek megfelelően nem csupán egy ingertulajdonsághoz (több vagy kevesebb), hanem egyúttal egy feladathoz (DARAB vagy ÉRTÉK) is egyértelműen hozzárendeltek. A billentyűk 'jelentése' (az inger-válasz elrendezés), tehát egy feladat és egy releváns tulajdonság vonatkozásában is kizárólagos, ebből következően a válaszbillentyűk egyértékűeknek (univalent) tekinthetők.

A kétfajta (kompatibilis és inkompatibilis) inger megkülönböztetése ebben az esetben is a végrehajtandó feladatok és az inger tulajdonságok együttes figyelembe vétele alapján történhet meg függetlenül, azonban a válaszkimenetek viszonyától. Ebből következően:

*Kompatibilis* az inger, amennyiben az inger által felmutatott tulajdonságok mindkét feladat esetén azonos 'jelentéssel' bírnának, annak ellenére, hogy szükségképpen különböző választ kívánnak. Például a sorban látható számok értéke „nagyobb” (mint 5) és a számok mennyisége „több” (mint öt) (pl. 999999, vagy 77777777), vagy a számok értéke „kisebb” (mint 5) és a számok mennyisége „kevesebb” (mint öt) (pl. 11, vagy 3333). Ez esetben a 'jelentésazonosság' ellenére ÉRTÉK feladatban a válasz eltérő lenne (pl. 9 válaszbillentyű), mint DARAB feladatban (pl. 0 válaszbillentyű).

*Inkompatibilis* az inger, amennyiben az inger értékszerű és mennyiségi tulajdonságai a két feladat esetén eltérő 'jelentésűek', me-

lyek szükségképpen eltérő választ kívánnak. Például 999 inger esetén az inger kiértékelése a számok értéke alapján „nagyobb” (mint 5) lenne, míg a számok mennyisége alapján „kevesebb” (mint öt), vagyis ÉRTÉK feladatban a 9 válaszbillentyű lenyomása a helyes válasz, míg DARAB feladatban a válasz elmaradása. Ennek fordítottjaként, pl. 333333 inger esetén a számok értéke alapján az inger jelentése „kisebb” (mint 5), míg a számok mennyisége alapján „több” (mint öt), vagyis ÉRTÉK feladatban a válasz elmaradása, DARAB feladatban a 9 válaszbillentyű lenyomása a helyes válasz.

#### 8.2.1.2. ELRENDEZÉS

A feladatot meghatározó jelzőinger (felirat és háttérszín együttesen) megjelenését követően, 400 ms elteltével jelentek meg az ingerek és a személy válaszáig, de nem tovább, mint 1100 ms ideig láthatóak voltak a képernyőn. A feladat megváltozását, tehát az új feladatra történő átváltás szükségességét a jelzőingerek (felirat és háttérszín) egyidejű megváltozása jelezte a kísérleti személy számára 400 ms-mal az új feladat első ingerének megjelenése előtt. Az inger megjelenésétől tehát, legfeljebb 1100 ms állt a kísérleti személyek rendelkezésére a döntés meghozatalához és a válaszadáshoz. A személy válaszának bekövetkezését követően azonnal megjelent a feladat-értelmező jelzőinger majd 400 ms telt el a következő inger megjelenéséig. Így abban az esetben, amikor az ingerre nem kellett válaszolni, a két inger közötti idő 1100 ms plusz 400 ms, összességében 1500 ms telt el. Az elméletileg lehetséges leggyorsabb válasz esetén ez az idő nem lehetett 200 ms<sup>20</sup> plusz 400 ms-nál kevesebb. Az ingerek közötti idő (ISI), tehát, a szélsőpontokat kivéve nem volt rögzítve, a kísérleti személy válaszáig 600 ms és 1500 ms között változhatott. Hasonlóképpen, a válasz-inger időtartam (RSI) sem volt rögzítve, de nem lehetett kevesebb, mint 400 ms. Így, a fentiekből következően a két feladat ingerei között az idő legfeljebb 1500 ms-ot tett ki, ezen belül a jelzőinger-célinger időtartam (CTI), 400 ms-ban rögzítve volt, míg a válasz-jelzőinger intervallum (RCI) értelemszerűen a kísérleti személy válaszüdejétől függően változhatott. A háttérszín és a felirat, megjelenésüket követően változatlanul jelen volt az új feladat elérkezéséig. Az 9. ábra

---

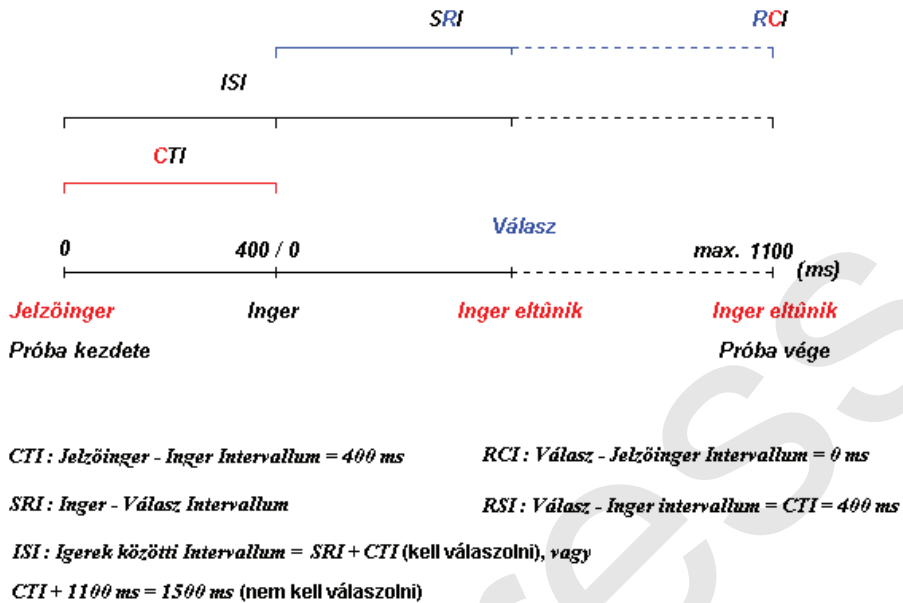
<sup>20</sup> A program e kísérletre vonatkozó beállításainak megfelelően minden mért reakcióidő adathoz - az ingerbevitési idejével összefüggő - 200 ms hozzáadandó, így a lehetséges leggyorsabb reakcióidő nem lehet kevesebb, mint 200 ms.

grafikusan mutatja az ingerbemutatás időparamétereinek beállításait.

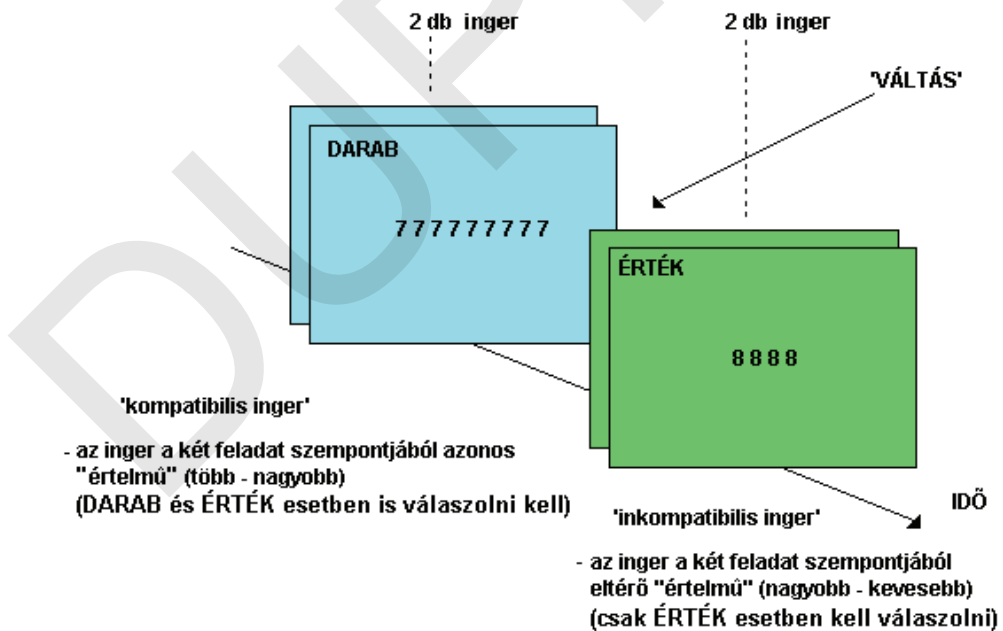
A vizsgálat a képernyőn megjelenített, a feladatok lényegét megvilágító grafikus instrukcióval kezdődött. Az instrukció azonos hangsúllyal emelte ki a kísérleti személy válaszainak gyorsaságára és pontosságára vonatkozó elvárásainkat. A kísérleti szakaszt egy tíz sorozatot tartalmazó gyakorló blokk vezette be. A gyakorló sorozatok idején hangjelzés informálta a kísérleti személyeket arról, hogy válaszuk helytelen, vagy túlságosan lassú volt, mely hangjelzés a későbbiekben, tehát a kísérleti szakaszban nem volt hallható.

A kísérleti szakaszban (is) az egyik feladathoz (pl. DARAB) tartozó ingerek sorozata váltakozik a másik feladathoz (pl. ÉRTÉK) tartozó ingerek sorozatával. Az inger-szekvencia, azaz az ingerbemutatási sorozatok 'hosszúsága' az 1. kísérlethez képest lényegesen lerövidült. Egy feladat két próbából állt, ezt követően az új (másik) feladathoz tartozó próba-sorozat, azaz két próba következett. A feladatok megváltozása az 1. kísérlettel ellentétben egyértelműen előrelátható volt. Az egy feladathoz tartozó, két próbából álló ingerszekvenciák folyamatos, szünet nélküli váltakozása jelenti a kísérlet egy blokkját. Az 10. ábra grafikus formában mutatja a sorozatváltkozás rendjét.

A kísérlet három, egymástól - a kísérleti személy tetszése szerint változó hosszúságú - szünettel elválasztott blokkjában, blokkonként 112 sorozatban (egy sorozat - két inger) bemutatott, összesen 672 ingerre adott válaszok ideje és pontossága képezik elemzéseink alapját. Reakcióidő elemzés az ingerek felénél (336 inger, amelyre válaszolni kellett) lehetséges, a válaszpontosság elemzése az összes inger esetében (336 inger, amelyre kellett és 336 inger, amelyre nem kellett válaszolni). A vizsgálat egy-egy kísérleti személy esetén körül-belül 20 percig tartott.



9. ábra. Az ingerbemutatós idői rendje a 2. feladat-váltási kísérletben.



10. ábra. A 2. feladat-váltási kísérlet feladatai (DARAB, ÉRTÉK) és ingerei (Kompatibilis, Inkompatibilis) és jelzőingerei (háttérszínek, feliratok).

A DARAB és ÉRTÉK feladatok aránya, a kompatibilis és inkompatibilis ingerek aránya, a választ kívánó és nem kívánó ingerek aránya, az 5-nél nagyobb illetve kisebb értékű ingerek aránya és az ötnél több illetve kevesebb mennyiségű ingerek aránya kiegyenlített volt a kísérlet egészében (egy kísérleti személynek bemutatott ingerek összességét tekintve). Az inger-válasz elrendezés a kézpreferencia szempontjából (bal kéz: több illetve nagyobb; jobb kéz: kevesebb illetve kisebb, illetve fordítva) illetve a „nagyobb-több” és a „kisebb-kevesebb” instrukció szerinti feladatok aránya kísérletsorozat egészében (a kísérleti személyek között) volt kiegyenlített.

## 8.2.2. EREDMÉNYEK

### 8.2.2.1. REAKCIÓIDŐ ELEMZÉS

Az előző elemzéshez hasonlóan a gyakorló próbák eredményeit nem vettük figyelembe és az elrontott válaszok reakcióidőit kihagytuk az elemzésből. Az esetek felében az ingerre nem kellett válaszolni, ebből következően a reakcióidő elemzése csupán az esetek felében lehetséges. A választ kívánó ingerek felénél a megelőző ingerre nem kellett, a másik felénél kellett válaszolni, így a válaszszekvenciát, valamint a korábbi szempontokat (feladattípus, inger-kompatibilitás, inger-szekvencia) is figyelembe véve az elemzés alapjául a négy szempont összesen 16 feltételére számolt, cellánként maximum 21 megfigyelést reprezentáló medián reakcióidők szolgáltak.

Ismételt méréses ANOVA-t használtunk Feladat (DARAB vs. ÉRTÉK), Kompatibilitás (Kompatibilis vs. Inkompatibilis), Inger-szekvencia (1. vs. 2.) és Válasz-szekvencia (a megelőző ingerre Nem kell vs. Kell válaszolni) személyen belüli faktorokkal. A Tehetséges és a Jó csoport teljesítmények összehasonlításához az elemzés Csoport (Tehetséges vs. Jó) személyek közötti faktorról készült ki.

#### 8.2.2.1.1. ALAPJELENSÉGEK

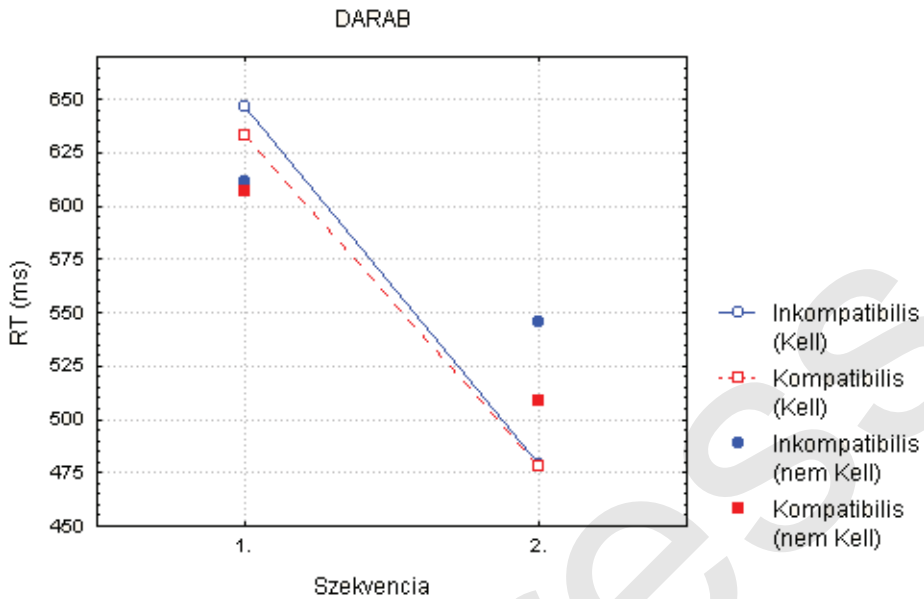
Az 11.a. és b. ábrák mutatják a reakcióidők alakulását a szekvencia két pontján kompatibilis és inkompatibilis ingerek esetén a DARAB feladatban (11.a.) és ÉRTÉK feladatban (11.b.) a válasz-szekvencia figyelembevételével.

Az elemzés tanúsága szerint önmagában a Kompatibilitás [ $F(1,37)=12,635$ ;  $p=0,001$ ] és az Inger-szekvencia [ $F(1,37)=95,359$ ;

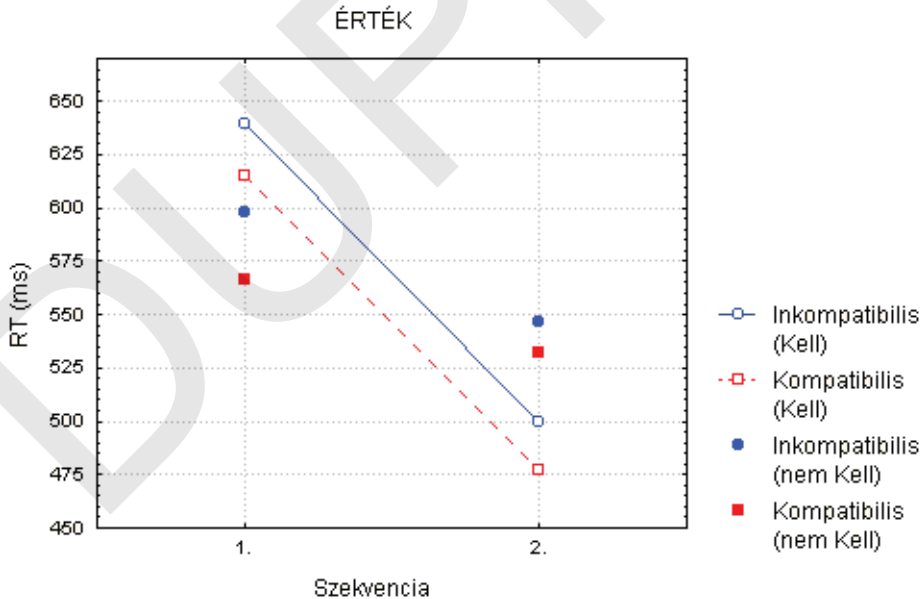
$p < 0,001$ ] hatása bizonyult szignifikánsnak jelezve, hogy lényegesen magasabb a reakcióidő inkompatibilis, mint kompatibilis ingerek esetén, illetve, a váltást követő 1. mint a 2. pozícióban. A nem szignifikáns Feladat ( $p > 0,05$ ) hatás azt mutatja, hogy a DARAB és az ÉRTÉK feladat közötti - az előző vizsgálatban kimutattott - különbség ez esetben nem jelentős, míg a nem szignifikáns Válasz-szekvencia hatás ( $p > 0,05$ ) szerint a reakcióidők közel azonosak, ha megelőzőleg kellett válaszolni és akkor, amikor nem kellett válaszolni (válaszisméltódés és válaszváltozás esetén).

A kompatibilitási hatás elemzésekor, amennyiben figyelembe vesszük a feladat típusát, az inger-szekvenciát és a válasz-szekvenciát, az eredmények azt mutatják, hogy a kompatibilis-inkompatibilis különbség mindkét feladat esetén (Feladat x Kompatibilitás:  $p > 0,05$ ) és a szekvencia mindkét pozíciójában (Inger-szekvencia x Kompatibilitás:  $p > 0,05$ ) megmutatkozik, és független attól, hogy a megelőző ingerre kellett-e válaszolni, vagy sem (Válasz-szekvencia x Kompatibilitás:  $p > 0,05$ ).

Az inger-szekvencia hatásának feladattípust figyelembe vevő elemzése azt mutatja, hogy a váltási hatás ÉRTÉK feladatban némiképp kisebb (96 ms), mint DARAB feladatban (124 ms) (Feladat x Inger-szekvencia [ $F(1,37)=6,972$ ;  $p=0,012$ ]). A nem szignifikáns Inger-szekvencia x Kompatibilitás ( $p > 0,05$ ) interakció a váltási hatás felől értelmezve azt jelenti, hogy a váltási ingerek (1. pozíció) reakcióideje lényegesen magasabb, mint a 2. pozícióban mért válaszidők kompatibilis és inkompatibilis ingerek esetén egyaránt. A szignifikáns Inger-szekvencia x Válasz-szekvencia interakció [ $F(1,37)=64,398$ ;  $p < 0,001$ ] azt mutatja, hogy az 1. és a 2. pozícióban mért reakcióidők különbsége lényegesen nagyobb, ha a megelőző ingerre kellett válaszolni (155 ms), mint ha nem kellett (65 ms). Ez az összefüggés részletesebben elemezve azt jelenti, hogy a váltási (1.) pozícióban a reakcióidő nagyobb, amennyiben a megelőző ingerre, tehát a megelőző feladat 2. ingerére kellett válaszolni, mint akkor, amikor a váltást megelőzően nem kellett válaszolni. Ezzel szemben a 2. pozícióban a reakcióidő kisebb, amennyiben a megelőző ingerre, tehát az azonos feladat 1. ingerére kellett válaszolni, mint akkor, amikor az 1. ingerre nem kellett válaszolni.



11.a ábra. A reakcióidők alakulása a szekvencia két pontján kompatibilis és inkompatibilis ingerek esetén DARAB feladatban, amikor a megelőző ingerre kellett, és amikor nem kellett válaszolni.



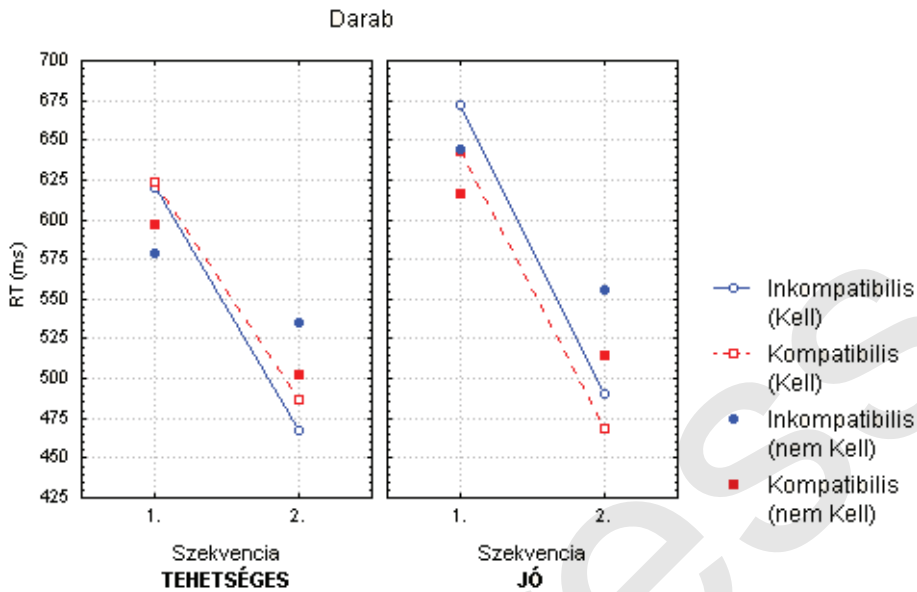
11.b ábra. A reakcióidők alakulása a szekvencia két pontján kompatibilis és inkompatibilis ingerek esetén ÉRTÉK feladatban, amikor a megelőző ingerre kellett, és amikor nem kellett válaszolni.

Másképpen fogalmazva a nagyobb váltási veszteség a „megelőzőre Kell válaszolni” esetben, mely a váltási reakcióidők alapszintéhez (2. pozíció ebben a kísérletben) történő viszonyításából származik, részint abból fakad, hogy az alap reakcióidő - mely szükségképpen válaszmérlés ebben az elrendezésben - csökken, részint pedig abból, hogy az 1. pozícióban adott válasz - mely szükségképpen válaszváltás - reakcióideje növekszik. A mondottak egyaránt érvényesek kompatibilis és inkompatibilis ingerekre (Kompatibilitás x Inger-szekvencia x Válasz-szekvencia:  $p > 0,05$ ), illetve DARAB és ÉRTÉK feladatban (Feladat x Inger-szekvencia x Válasz-szekvencia:  $p > 0,05$ ).

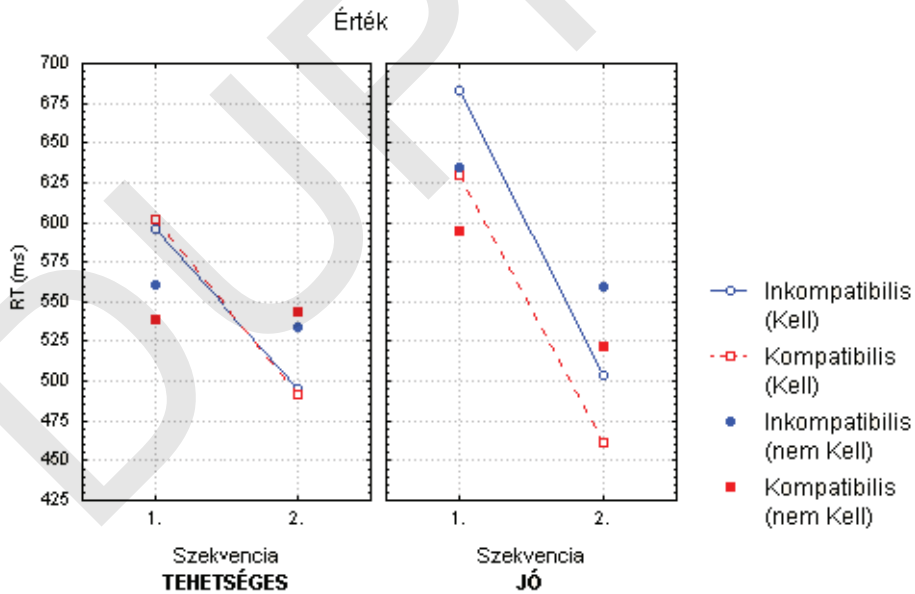
#### 8.2.2.1.2. CSOPORTOK KÖZÖTTI KÜLÖNBSÉGEK VIZSGÁLATA

Az 12.a. és b. ábrák mutatják a reakcióidők alakulását a szekvencia két pontján kompatibilis és inkompatibilis ingerek esetén a két csoport teljesítménye alapján DARAB feladatban (12.a.) és ÉRTÉK feladatban (12.b.).

A Csoport változó főhatása az eredmények szerint nem bizonyult szignifikánsnak ( $p > 0,05$ ) azt mutatva, hogy a két csoport között ebben a kísérletben sem mutatható ki lényeges eltérés általában a válaszadás sebességét tekintve, azaz a válaszadás sajátos körülményeire (feladattípus, ingertípus, ingersorrend, válasz-szekvencia) tekintet nélkül. Ezt az eredményt és a fenti elemzésnél mondottakat is figyelembe véve, a nem szignifikáns Csoport x Feladat interakció ( $p > 0,05$ ) azt jelenti, hogy a Tehetséges és a Jó csoport teljesítménye nem különbözik a két feladatban, azaz mindkét csoportra igaz, hogy a reakcióidők azonosnak tekinthetők a DARAB és az ÉRTÉK feladatban. Hasonlóképpen a nem szignifikáns Csoport x Válasz-szekvencia interakció ( $p > 0,05$ ) azt mutatja, hogy mindkét csoportban a válaszidők nem különböznek attól függően, hogy a megelőző ingerre kellett-e válaszolniuk vagy sem. A szignifikáns Csoport x Kompatibilitás interakció [ $F(1,36)=11,216$ ;  $p < 0,002$ ] annak köszönhető, hogy amíg a Tehetséges csoportban gyakorlatilag nincsen kompatibilitási hatás, a Jó csoportban az inkompatibilis ingereknél magasabb a reakcióidő, mint kompatibilis ingerek esetén. Ez az összefüggés egyaránt igaz mindkét feladatban (Csoport x Kompatibilitás x Feladat:  $p > 0,05$ ), és mindkét Válasz-szekvencia mellett (Csoport x Kompatibilitás x Válasz-szekvencia:  $p > 0,05$ ). A nem szignifikáns Csoport x Kompatibilitás x Inger-szekvencia ( $p > 0,05$ ) azt mutatja, hogy a kompatibilitási hatás csoportok közötti eltérése a szekvencia mindkét pontján érvényesül.



12.a ábra. A Tehetséges és a Jó csoport reakcióidő átlagainak alakulása a szekvencia két pontján kompatibilis és inkompatibilis ingerek esetén DARAB feladatban, amikor a megelőző ingerre kellett, és amikor nem kellett válaszolni.



12.b ábra. A Tehetséges és a Jó csoport reakcióidő átlagainak alakulása a szekvencia két pontján kompatibilis és inkompatibilis ingerek esetén ÉRTÉK feladatban, amikor a megelőző ingerre kellett, és amikor nem kellett válaszolni.

A szignifikáns Csoport x Inger-szekvencia [ $F(1,36)=4,799$ ;  $p<0,035$ ] azt mutatja, hogy az 1. és 2. pozícióban mért reakcióidők különbsége, azaz a váltási veszteség a Jó csoportban lényegesen nagyobb, mint a Tehetséges csoportban. A nem szignifikáns Csoport x Inger-szekvencia x Feladat ( $p>0,05$ ) interakció úgy értelmezhető, hogy mindkét feladatban kimutatható a Tehetséges csoport fölénye a Jó csoport fölött a váltási hatás nagysága szempontjából, ugyanakkor mindkét csoport esetén igaz, hogy a váltási hatás markánsabban jelentkezik DARAB feladatban. A már említett nem szignifikáns Csoport x Inger-szekvencia x Kompatibilitás interakció ( $p>0,05$ ) a váltási hatás felől úgy értelmezhető, hogy a kompatibilis és inkompatibilis ingerek esetén is (azonos mértékben) jelentkező váltási hatás mindkét csoportban kimutatható, noha a Tehetséges csoportban kisebb. Ha figyelembe vesszük a Válasz-szekvenciát is, a Csoport x Inger-szekvencia x Válasz-szekvencia interakció nem bizonyult szignifikánsnak ( $p>0,05$ ) azt jelezve, hogy mindkét csoport esetén igaz az az összefüggés, miszerint, amennyiben az előző ingerre (az előző feladat 2. ingere, vagy az azonos feladat 1. ingere) kellett válaszolni az 1. pozícióban mért reakcióidők megnyúlnak, a 2. pozícióban mért válaszüidők pedig csökkennek. Ugyanakkor, abban az esetben is, amikor a megelőző ingerre nem kellett válaszolni (60 és 84 ms) és abban az esetben is, amikor a megelőzőre kellett válaszolni (125 és 175 ms) jelentős különbség van a két csoport között a váltási veszteség tekintetében a Tehetségesek javára. Mindez egyaránt igaz kompatibilis és inkompatibilis ingerek esetén is (Csoport x Inger-szekvencia x Válasz-szekvencia x Kompatibilitás:  $p>0,05$ ) és DARAB és ÉRTÉK feladatban egyaránt (Csoport x Inger-szekvencia x Válasz-szekvencia x Feladat:  $p>0,05$ ), amellet, hogy még ezekben a 'nagyfelbontású' elemzésekben is látható, a kompatibilitási hatásnak a Tehetségesek javára meglévő különbsége, illetve a hatások Feladat szerint eltérő megnyilvánulása.

#### 8.2.2.1.3. VÁLTÁSI VESZTESÉG ÉS MATEMATIKAI INTELLIGENCIA, ÁLTALÁNOS INTELLIGENCIA, NEMI KÜLÖNBΣÉGEK

A váltási hatás illetve az ebben jelentkező csoportkülönbségek közvetlen elemzésére ezúttal is a váltási veszteség mutató összehasonlítása alapján teszünk kísérletet. Ebben az elemzésben a szekvencia első próbáinak átlaga adja a váltási időt, a szekvencia 2. próbáinak átlaga pedig a teljesítmény alapszintjét. A váltási veszteség közvetlen elemzésekor mind a feladat, mind pedig az ingerek sajátosságaitól eltekintünk. A váltási veszteség, tehát az 1. pozícióban mért reakcióidők (feladattípustól, inger-

kompatibilitástól és válasz-szekvenciától független) átlagának és a 2. sorrendi pozícióban mért válaszidők (feladattípustól, ingerkompatibilitástól és válasz-szekvenciától független) átlagának különbségéből adódik.

A nemi arányok eltéréséből és az általános intelligenciából fakadó esetleges torzító hatások kiszűrésére a nemi arányokat és a Raven tesztben elért pontok alapján meghatározott IQ pontszámokat is figyelembe vettük csoportosító és kovariáns változóként.

Kovarianciaanalíziseket végeztünk a fentebb ismertetett módon számolt váltási veszteség mutatóra, mint függő változóra a Csoport (Tehetséges vs. Jó) mellett a Nem (Lány vs. Fiú) személyek közötti faktor és az IQ kovariáns változó beemelésével. Ezúttal is csupán a Nem, és a Csoport változók főhatásait, illetve a Nem x Csoport interakciót teszteljük az IQ kovariáns szerepeltetése mellett, illetve kihagyásával.

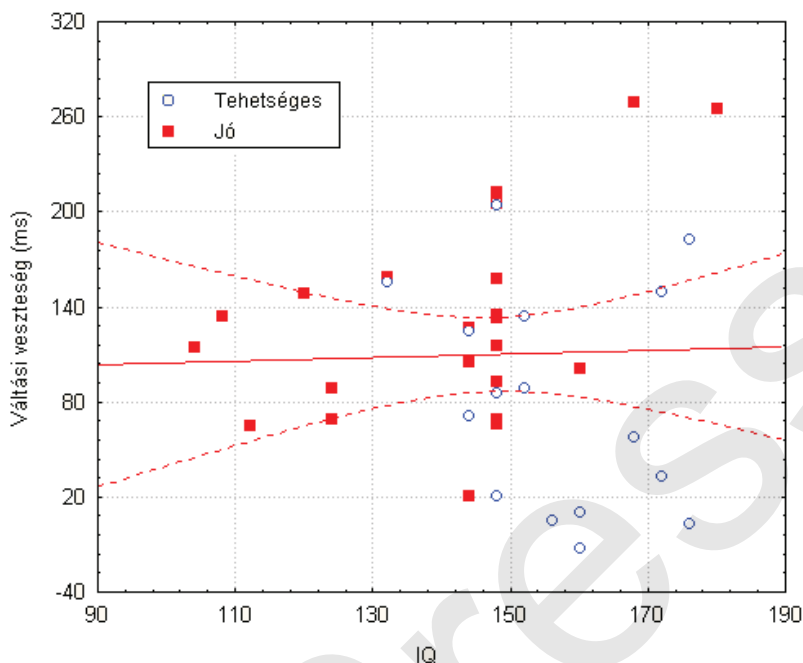
A váltási veszteség Csoport és Nem változók szerinti alakulását az intelligenciaszint feltüntetésével mutatja a 11. táblázat.

		Váltási veszteség (ms)	Sd	IQ	Sd
<b>Tehetséges</b>	<b>Lány</b>	84,7	66,8	161	12,8
	<b>Fiú</b>	81,66	73,4	155,3	13,4
<b>Jó</b>	<b>Lány</b>	134,31	65,3	138,3	21,8
	<b>Fiú</b>	118,5	62,5	147,3	1,6

11. táblázat. A váltási veszteség nagysága (átlag, szórás) és az IQ a Tehetséges és a Jó csoport esetén nemek szerint.

A szignifikáns Csoport hatás [ $F(1,36)=4,799$ ;  $p=0,035$ ] azt mutatja, hogy a Tehetséges csoportban lényegesen kisebb a váltás hatását mutató váltási veszteség nagysága, mint a Jó csoportban.

A váltási veszteségek IQ szint szerinti alakulását mutatja 12. ábra a Csoport változó szerinti bontásban.



13. ábra. A váltási veszteség alakulása az IQ függvényében a csoporttagság feltüntetésével.

A Csoport változó kihagyásakor, azaz csupán az IQ kovariáns szerepeltetésekor, tehát lényegében regresszióelemzés esetén az IQ hatása nem szignifikáns ( $p > 0,05$ ).

A Nem faktorváltozót és IQ kovariánst szerepeltető elemzés eredményei szerint a Nem változó hatása önmagában nem szignifikáns ( $p > 0,05$ ), hasonlóképpen a Nem x Csoport interakció sem szignifikáns ( $p > 0,05$ ). Az IQ hatása sem bizonyult szignifikánsnak ( $p > 0,05$ ), ugyanakkor a Tehetséges és Jó csoport közötti különbség a váltási veszteség nagysága szempontjából jelentősen bizonyult [F(1,33)=4,503;  $p=0,041$ ] azt jelezve, hogy az intelligencia szint hatásának kiszűrését követően a Csoport változó, azaz a matematikai intelligencia magyarázó ereje jelentős.

#### 8.2.2.2. HIBAELEMZÉS

A hibázások elemzésekor különválasztottuk a reakcióidő elemzésnek megfelelő helyzetet, azaz azokat a próbákat, amelyekben a kísérleti személyeknek kellett válaszolniuk és azokat a próbákat, amelyekben nem kellett válaszolniuk. A válasz helytelensége, az esetek felében - amikor válaszolni kell - fakadhat abból, hogy a kísérleti személy elmulasztja a válaszadást ('kiha-

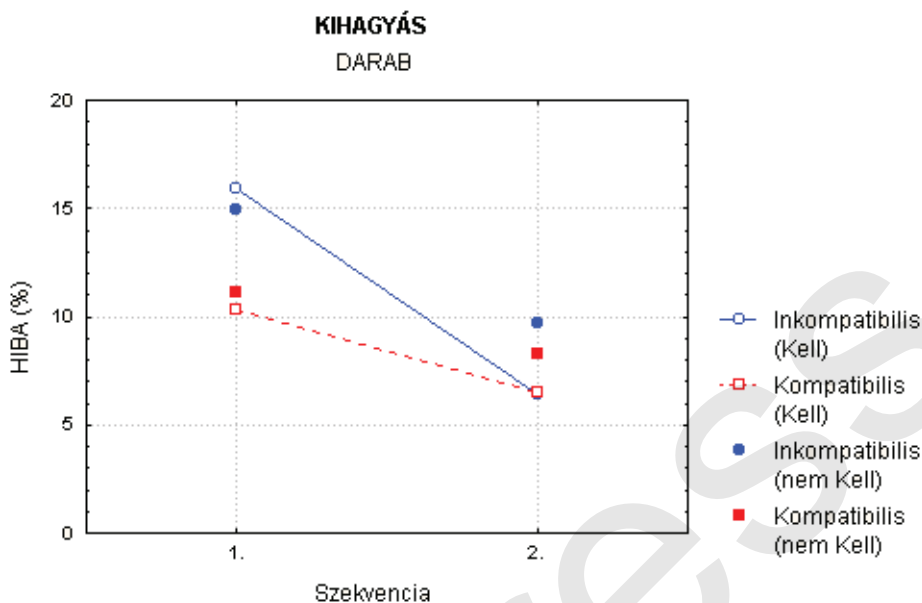
gyás'), illetve abból, hogy a nem megfelelő válaszbillentyű megnyomásával reagál ('téves választás'). Tekintve, hogy a válaszbillentyű helytelen választásából fakadó hibafajta előfordulása minimális, a kihagyás típusú és a téves választás típusú hibázásokat összevontuk. Az esetek másik felében - amikor nem kell válaszolni - a helytelen válasz a válaszbillentyűk megnyomásából fakad ('téves riasztás'). A 'kihagyások' illetve a 'téves riasztások' elemzésének alapjául, így a négy szempont (feladattípus, ingerkompatibilitás, inger-szekvencia, válasz-szekvencia) együttes figyelembevételével meghatározott ingertípusokra számított hibaarány szolgált, azaz az összesen 16 feltétel átlagosan 21 ingerére adott hibás válaszok százalékos aránya.

Ismételt méréses ANOVA-t használtunk Feladat (DARAB vs. ÉRTÉK), Kompatibilitás (Kompatibilis vs. Inkompatibilis), Inger-szekvencia (1. vs. 2.) és Válasz-szekvencia (a megelőző ingerre Nem kell vs. Kell válaszolni) személyen belüli faktorokkal, és - a csoportkülönbségek elemzésekor - Csoport (Tehetséges vs. Jó) személyek közötti faktorokkal. Az elemzések adekvátságát és megbízhatóságát meghatározó kritériumok (normalitás, szórás egyenlőség) kielégítettségére irányuló tesztek eredményei 21. és 22. Függelékben láthatóak.

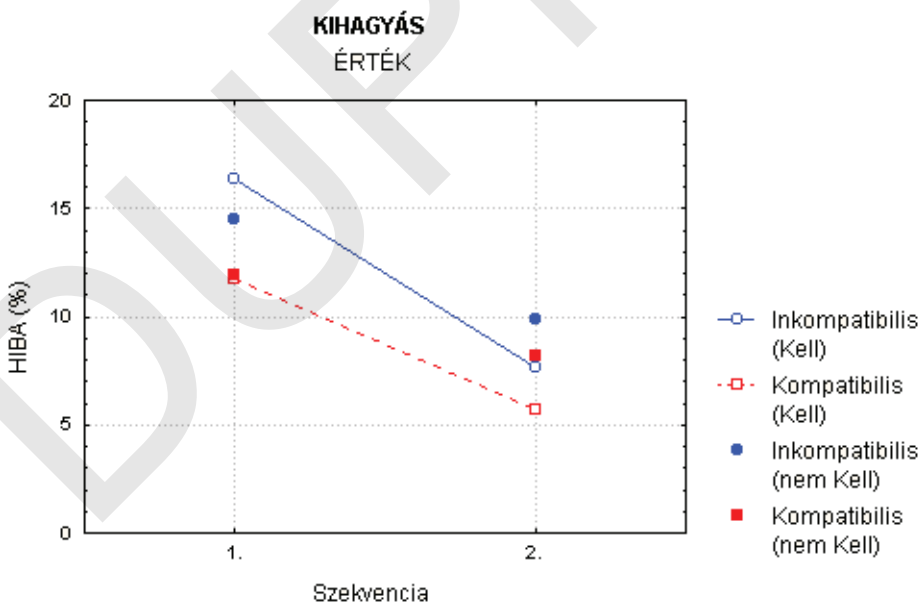
#### 8.2.2.2.1. ALAPJELENSÉGEK

##### 8.2.2.2.2. 'KIHAGYÁS'

Az 14.a. és b. ábrák mutatják a „kihagyás” típusú hibaszázalékok alakulását a szekvencia két pontján kompatibilis és inkompatibilis ingerek esetén a DARAB feladatban (14.a.) és ÉRTÉK feladatban (14.b.). Az eredmények szerint, a reakcióidő elemzéshez hasonlóan önmagában a Kompatibilitás [ $F(1,36)=14,186$ ;  $p<0,001$ ] és az Inger-szekvencia [ $F(1,36)=37,332$ ;  $p<0,001$ ] hatása bizonyult szignifikánsnak, jelezve, hogy lényegesen magasabb a hibaarány inkompatibilis ingerek, mint kompatibilis ingerek esetén, illetve, a váltást követő 1. pozícióban, mint a 2. pozícióban.



14.a ábra. A „kihagyás” típusú hibaszázalékok alakulása a szekvencia egyes pontjain kompatibilis és inkompatibilis ingerek esetén DARAB feladatban.



14.b ábra. A „kihagyás” típusú hibaszázalékok alakulása a szekvencia egyes pontjain kompatibilis és inkompatibilis ingerek esetén ÉRTÉK feladatban.

Hasonlóképpen, a hibaarányok azonosnak tekinthetők a két feladatban, illetve attól függően, hogy a megelőző ingerre kellett-e válaszolni vagy sem (Feladat:  $p > 0,05$ , illetve Válasz-szekvencia:  $p > 0,05$ ). A kompatibilitási hatás mindkét feladatban (Kompatibilitás x Feladat:  $p > 0,05$ ) megmutatkozik, és akkor is érvényesül, amikor a megelőző ingerre kellett válaszolni, és akkor is amikor nem (Kompatibilitás x Válasz-szekvencia:  $p > 0,05$ ).

Hasonlóképpen, a szekvencia 1. pozíciójában a hibaarány mind DARAB, mind pedig ÉRTÉK feladatban megemelkedett a 2. pozícióban számított hibaarányokhoz képest (Inger-szekvencia x Feladat:  $p > 0,05$ ). Ugyanakkor, a reakcióidők alakulásához hasonlóan, a hibaarányok eltérése a szekvencia két pontja között eltérő attól függően, hogy a megelőző ingerre (az 1. pozíció esetén az előző feladat 2. pozíciójában, 2. pozíció esetén az azonos feladat 1. pozíciójában) kellett-e válaszolni, avagy sem, ahogyan ez a szignifikáns Inger-szekvencia x Válasz-szekvencia interakcióból látszik [ $F(1,36)=7,355$ ;  $p=0,010$ ]. Ez elsősorban abból fakad, hogy a 2. pozícióban mintegy 3%-kal magasabb a hibaarány, amikor az 1. ingerre nem kellett válaszolni, ahhoz képest, amikor kellett, míg az 1. pozícióban a hibaarányok lényegében azonosak (ugyanakkor a 2. pozíció hibaarányaihoz képest magasabbak) a Válasz-szekvencia feltételei mellett. A válasz-szekvencia váltási hatást módosító hatása mindkét feladatban hasonlóan mutatkozik meg (Inger-szekvencia x Válasz-szekvencia x Feladat:  $p > 0,05$ ).

Az időadatokban kimutatott összefüggéssel ellentétben, szignifikánsnak bizonyult az Inger-szekvencia x Kompatibilitás interakció [ $F(1,36)=7,812$ ;  $p=0,008$ ], annak köszönhetően, hogy amíg a 2. pozícióban a kompatibilis és az inkompatibilis ingerek esetén mért hibaarány-különbség (1,5%) a váltás után (1. pozíció) kb. 4%-ra emelkedik. Másképp fogalmazva, a váltási hatás inkompatibilis ingerek esetén markánsabban érvényesül (7%), mint kompatibilis ingerek esetén (4%). Ez az összefüggés mindkét feladatban egyaránt igaz (Inger-szekvencia x Kompatibilitás x Feladat:  $p > 0,05$ ). Inger-szekvencia x Kompatibilitás x Válasz-szekvencia hármas interakció ( $p > 0,05$ ) mindezeket figyelembe véve úgy értelmezhető, hogy az 1. pozícióban - ahol jelentősebb a kompatibilis-inkompatibilis különbség (kb. 4%) - mindkét inger-típusra igaz, hogy a hibaszázalék változás lényegében azonos akkor, amikor a megelőző feladat 2. ingerére kellett, és amikor nem kellett válaszolni (0,5 ill. 1,5%), míg a 2. pozícióban - ahol a kompatibilitási hatás nem érvényesül (1%) - mindkét inger-típusra igaz, hogy magasabb a hibaarány, amikor a megelőző ingerre (1. pozíció) nem kellett válaszolni (2 ill. 3%). Ezen utóbbi mondatok

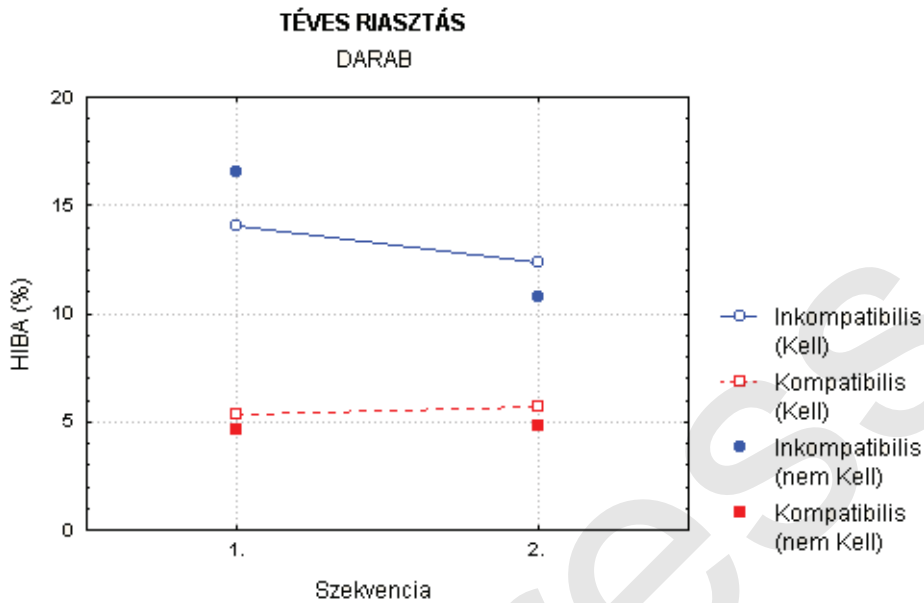
mindkét feladat esetén egyaránt igazak (Inger-szekvencia x Kompatibilitás x Válasz-szekvencia x Feladat:  $p > 0,05$ ).

#### 8.2.2.2.3. 'TÉVES RIASZTÁS'

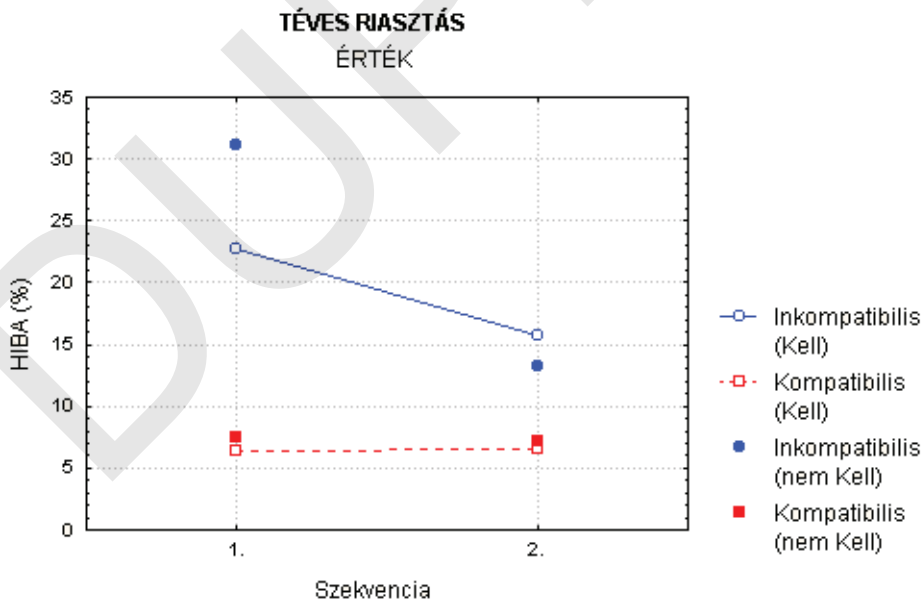
Az 15.a. és b. ábrák mutatják a „téves riasztás” típusú hibaszázalékok alakulását a szekvencia két pontján kompatibilis és inkompatibilis ingerek esetén a DARAB feladatban (15.a.) és ÉRTÉK feladatban (15.b.).

A 'kihagyás' típusú válaszok eredményeihez hasonlóan, a 'téves riasztások' esetén is a hibaarányok attól függően, hogy a megelőző ingerre kellett-e válaszolni vagy sem azonosnak tekinthetők (Válasz-szekvencia:  $p > 0,05$ ), míg a két feladat közötti hibaaránybeli eltérés (kb. 4,5% a DARAB feladat javára) is csupán marginálisan szignifikáns (Feladat:  $p = 0,061$ ), jelezve, hogy a hibaarányok lényegében azonosak. A Feladat x Válasz-szekvencia interakció [ $F(1,36) = 7,595$ ;  $p = 0,009$ ] azonban azt mutatja, hogy a két feladat közötti (a DARAB javára fennálló) tendenciaszerű eltérés felerősödik, ha figyelembe vesszük a válasz-szekvenciát.

A szignifikánsnak bizonyuló Kompatibilitás [ $F(1,36) = 92,561$ ;  $p < 0,001$ ] főhatás, azt mutatja, hogy lényegesen magasabb a hibaarány inkompatibilis ingerek, mint kompatibilis ingerek esetén. A szignifikáns Kompatibilitás x Feladat interakció [ $F(1,36) = 17,286$ ;  $p < 0,001$ ] abból fakad, hogy, kompatibilis ingerek esetén a hibaarányok a két feladatban lényegében azonosak (kb. 5 és 7%), míg inkompatibilis ingerek esetén jelentős a különbség a két feladat között (kb. 13 és 20%), azt eredményezve, hogy ÉRTÉK feladat esetén a kompatibilitási hatás markánsabban jelenik meg. A kompatibilitási hatás és a kompatibilitási hatás feladatfüggése a válasz-szekvenciától függetlenül megmutatkozik, azaz akkor is érvényesül, amikor a megelőző ingerre kellett válaszolni, és akkor is, amikor nem (Kompatibilitás x Válasz-szekvencia:  $p > 0,05$  és Kompatibilitás x Feladat x Válasz-szekvencia:  $p > 0,05$ ).



15.a ábra. A „téves riasztás” típusú hibaszázalékok alakulása a szekvencia egyes pontjain kompatibilis és inkompatibilis ingerek esetén DARAB feladatban.



15.b ábra. A „téves riasztás” típusú hibaszázalékok alakulása a szekvencia egyes pontjain kompatibilis és inkompatibilis ingerek esetén ÉRTÉK feladatban.

A szignifikáns Inger-szekvencia [ $F(1,36)=25,188$ ;  $p<0,001$ ] főhatás azt jelenti, hogy a hibaarány lényegesen magasabb a váltást követő 1. pozícióban, mint a 2. pozícióban. Ha figyelembe vesszük a feladat típusát, akkor a szignifikáns Inger-szekvencia x Feladat interakció [ $F(1,36)=21,197$ ;  $p<0,001$ ] alapján megállapítható, hogy a váltási hatás ÉRTÉK feladat esetén markánsabban érvényesül. A váltási hatás lényegesen módosul, ha figyelembe vesszük a válasz-szekvenciát (Inger-szekvencia x Válasz-szekvencia [ $F(1,36)=14,519$ ;  $p=0,001$ ]). Ez abból fakad, hogy amennyiben a megelőző ingerre kellett válaszolni a váltási veszteség - téves riasztásokban mérve - kisebb (2%), mint, amikor a megelőzőre nem kell válaszolni (5%), főképpen annak köszönhetően, hogy váltási (1.) pozícióban a hibaarány magasabb (kb. 3%), ha az előző ingerre nem kellett válaszolni, míg 2. pozícióban némiképp alacsonyabb (kb. 1%) azokkal az esetekkel pozícióként egybevetve, amikor kellett válaszolni. A váltási hatás válaszsorrend szerinti eltérése mindkét feladat esetén megmutatkozik, habár ÉRTÉK feladat esetén magasabb hibaarányokkal (Inger-szekvencia x Válasz-szekvencia x Feladat:  $p>0,05$ ).

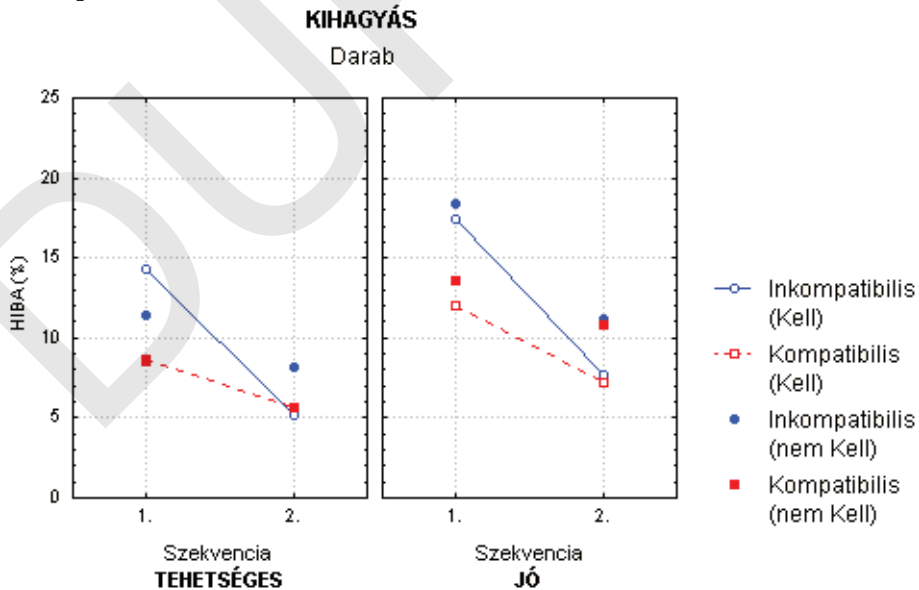
A téves riasztások tekintetében is jelentősnek bizonyult a Kompatibilitás x Inger-szekvencia interakció [ $F(1,36)=45,350$ ;  $p<0,001$ ] azt jelezve, hogy a váltási hatás lényegesen módosul az ingerek kompatibilitásának figyelembe vételével, illetve a kompatibilitási hatás eltér a szekvencia egyes pontjain. Kompatibilis ingerek esetén a hibaarány a két pozícióban lényegben azonos, míg inkompatibilis ingerek esetén az eltérés eléri a 8 %-ot. Másképpen, a kompatibilitási hatás az 1. pozícióban (kb. 15%) több mint kétszerese a 2. pozícióban kimutathatóhoz mérten (kb. 7%). Ha figyelembe vesszük a feladat típusát is, akkor a szignifikáns Kompatibilitás x Inger-szekvencia x Feladat interakció [ $F(1,36)=27,705$ ;  $p<0,001$ ] alapján megállapítható, hogy míg kompatibilis ingerek esetén egyik feladatban sem jelentkezik váltási hatás, addig inkompatibilis ingerek esetén a váltási hatás Érték feladatban lényegesen nagyobb (kb. 13%), mint DARAB feladatban (kb. 4%). Másképpen, a kompatibilitási hatásnak a szekvencia egyes pontjai szerinti eltérése DARAB feladatban lényegesen kisebb (kb. 10 és 6%), mint ÉRTÉK feladatban (20 és 8%). Hasonlóképpen a Kompatibilitás x Inger-szekvencia x Válasz-szekvencia hármas interakció [ $F(1,36)=11,834$ ;  $p=0,001$ ] azt mutatja, hogy kompatibilis ingerek esetén nincs kimutatható váltási hatás sem akkor, amikor kellett, sem akkor, amikor nem kellett a megelőző ingerre válaszolni. Inkompatibilis ingerek esetén viszont jelentős eltérés mutatkozik a váltási hatás nagyságában a válasz-

szekvencia függvényében a fentebb már említett meghatározottságok szerint. Ezen összefüggések a feladat típusának figyelembevételével nem változnak (Kompatibilitás x Inger-szekvencia x Válasz-szekvencia x Feladat:  $p > 0,05$ ), egyformán érvényes DARAB és ÉRTÉK feladatban is, ÉRTÉK feladat esetén azonban magasabb hibaarányok mellett.

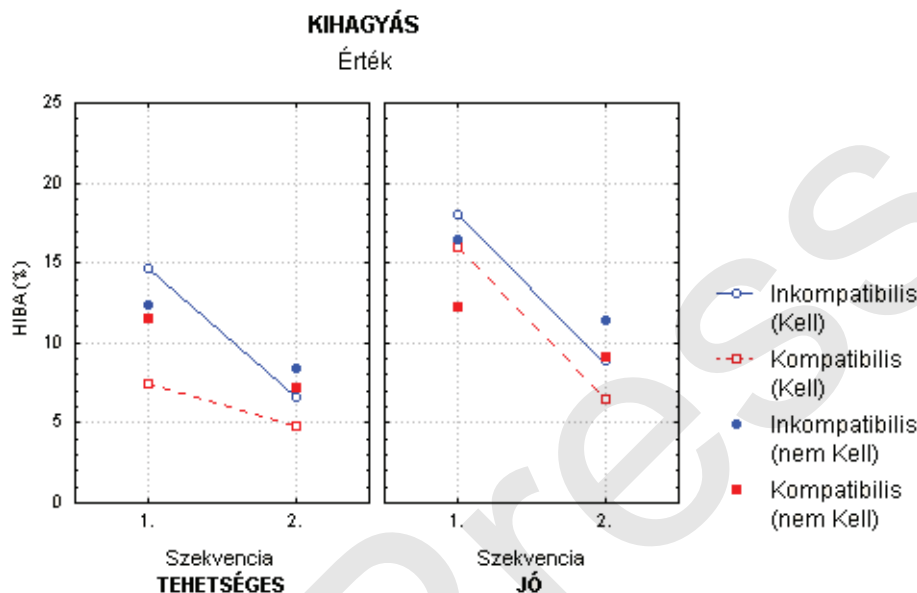
#### 8.2.2.2.4. CSOPORTOK KÖZÖTTI KÜLÖNBSÉGEK VIZSGÁLATA

Az 16.a. és b. és a 17.a. és b. ábrák mutatják a „kihagyás” és a „téves riasztás” típusú hibaszázalékok alakulását a szekvencia két pontján kompatibilis és inkompatibilis ingerek esetén a két csoport teljesítménye alapján DARAB feladatban (16.a. és 17.a.) és ÉRTÉK feladatban (16.b. és 17.b.).

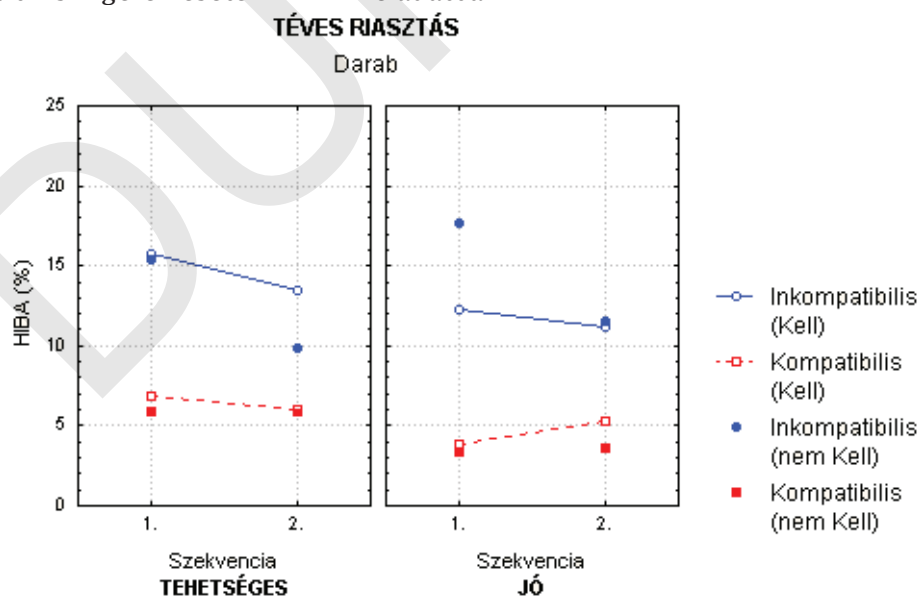
A Csoport változó nem szignifikáns hatása ( $p > 0,05$ ) azt jelzi, hogy a hibaarányok tekintetében ezúttal sincs jelentős eltérés a Tehetséges és Jó csoport között. Mivel a Csoport változó egyetlen interakciója sem bizonyult szignifikánsnak, sem a 'Kihagyások' sem pedig a 'Téves riasztások' szempontjából megállapítható, hogy a feladat-típus, a kompatibilitás az inger-szekvencia illetve a válasz-szekvencia ismertett közvetlen és áttételes hatásai hasonlóképpen érvényesülnek a Tehetséges és a Jó csoportban.



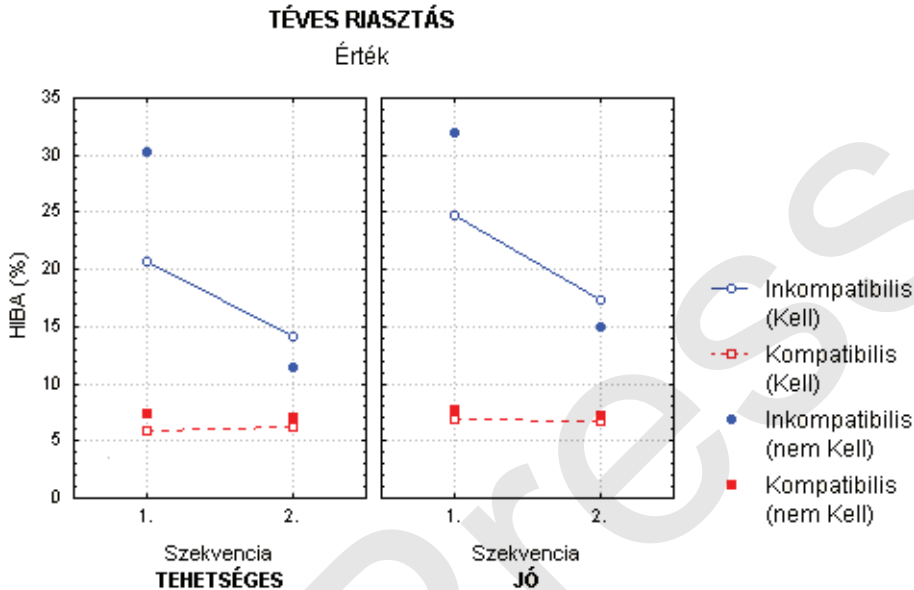
16.a ábra. A Tehetséges és a Jó csoport „kihagyás” típusú hibaszázalék átlagainak alakulása a szekvencia két pontján kompatibilis és inkompatibilis ingerek esetén DARAB feladatban.



16.b ábra. A Tehetséges és a Jó csoport „kihagyás” típusú hibaszázalék átlagainak alakulása a szekvencia két pontján kompatibilis és inkompatibilis ingerek esetén ÉRTÉK feladatban.



17.a ábra. A Tehetséges és a Jó csoport „téves riasztás” típusú hibaszázalék átlagainak alakulása a szekvencia két pontján kompatibilis és inkompatibilis ingerek esetén DARAB feladatban.



17.a ábra. A Tehetséges és a Jó csoport „téves riasztás” típusú hibaszázalék átlagainak alakulása a szekvencia két pontján kompatibilis és inkompatibilis ingerek esetén ÉRTÉK feladatban.

#### 8.2.2.2.5. VÁLTÁSI VESZTESÉG ÉS MATEMATIKAI INTELLIGENCIA, ÁLTALÁNOS INTELLIGENCIA, NEMI KÜLÖNBSEGEK

Az intelligencia szintnek, illetve a nemi arány csoportok közötti eltérésének tulajdonítható torzító hatások kiszűrésére további elemzéseket hajtottunk végre. A váltási veszteség kalkulálásakor ebben az elemzésben is eltekintünk mind a feladat, mind pedig az ingerek sajátosságaitól. A váltási veszteség, tehát mind a 'Kihagyás', mind pedig a 'Téves riasztás' esetében az 1. pozícióban mért hibaarányok (feladattípustól, ingerkompatibilitástól és válasz-szekvenciától független) átlagának és a 2. sorrendi pozíciókban mért hibaarányok (feladattípustól, ingerkompatibilitástól és válasz-szekvenciától független) átlagának különbségéből adódik.

A Raven tesztben elért pontok alapján meghatározott IQ pontszámokat vettük figyelembe kovariáns változóként az általános intelligencia szint hatásának kiszűrésére, a Nem (Lány vs.

Fiú) csoportváltozót, pedig a nemi arányok eltéréséből fakadó hatás elemzésére.

Kovarianciaanalíziseket végeztünk a fentebb ismertetett módon számolt váltási veszteség mutatóra, mint függő változóra a Csoport (Tehetséges vs. Jó) mellett a Nem (Lány vs. Fiú) személyek közötti faktor és az IQ kovariáns változó beemelésével. A nemi különbségek hatásának elemzésekor ezúttal is csupán a Nem változó, és a Nem x Csoport interakció hatását elemző modellt teszteltük az IQ kovariáns bevonásával, illetve kihagyásával.

A hibaarány-különbségek Csoport és Nem változók szerinti alakulását az intelligenciaszint feltüntetésével mutatja a k. táblázat a 'Kihagyások', a 12. táblázat a 'Téves riasztások' esetében.

		Váltási veszteség „kihagyás” (%)	Váltási veszteség „téves riasztás” (%)	IQ
<b>Tehets.</b>	<b>Lány</b>	3,46 (3,6)	4,87 (4,8)	161 (12,8)
	<b>Fiú</b>	5,04 (5,4)	4,02 (3,5)	155,3 (13,4)
<b>Jó</b>	<b>Lány</b>	6,56 (5,6)	3,94 (6,1)	138,3 (21,8)
	<b>Fiú</b>	6,1 (7,2)	3,53 (4,4)	147,3 (1,6)

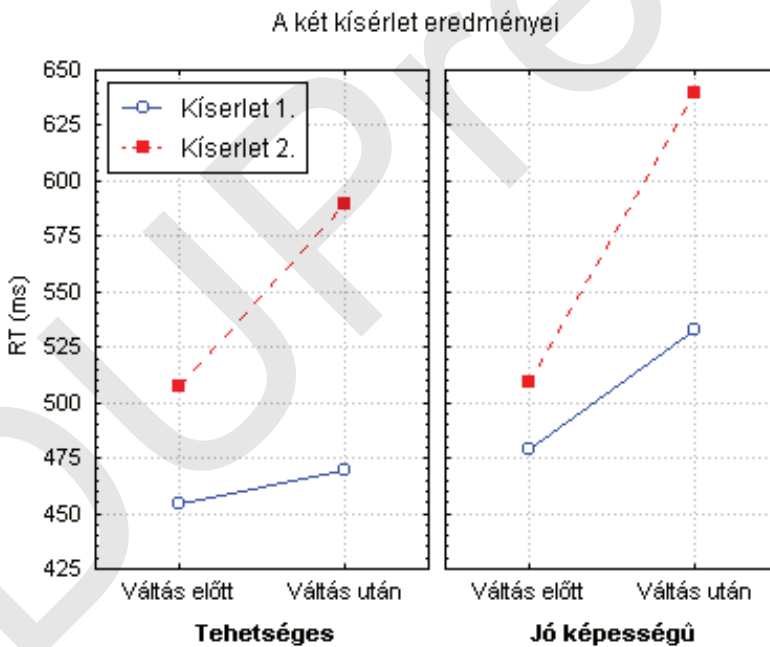
12. táblázat. A váltási veszteség „kihagyás-” és „téves riasztás-” százalékokban kifejezett nagysága (átlag, szórás) és az IQ a Tehetséges és a Jó csoport esetén nemek szerint.

Az eredmények szerint, a 'Kihagyások' és a 'Téves riasztások' elemzése esetén egyaránt sem a Csoport, sem a Nem, sem az IQ változót önmagukban szerepeltető modellek nem bizonyultak szignifikánsnak ( $p > 0,05$ ). A Csoport főhatás, a Nem főhatás és a Csoport x Nem interakció nem szignifikáns az intelligenciaszint kiszűrése után, azaz IQ kovariáns szerepeltetésekor.

### 8.2.3. MEGBESZÉLÉS

A második kísérlet legszembetűnőbb eredménye, hogy a váltási veszteség az 1. kísérletben kimutatotthoz képest majdnem megduplázódott, ezzel párhuzamosan pedig a hibázások aránya jelentősen csökkent. (Lásd 18. ábra). A reakcióidő és a hibaarányok együttmozgása ellenére valószínűsíthető, hogy a kísér-

leti 'beállítások' eltérően járultak hozzá a változásokhoz. A válaszreakciók átfedéseinek megszűnése a feladat egyszerűsödésének irányába hathatott. Egy feladathoz egy válaszbillentyű, lényegében egy 'kéz' tartozott, ami valószínűleg a hibázások valószínűségének csökkenéséhez, a válaszok pontosságának növekedéséhez vezetett, annak ellenére, hogy a válaszadás idői körülményei nehezebbé váltak. A sorozatok hosszának rövidülése, a gyakoribb váltáskényszer, valószínűleg nagyobb figyelemösszpontosítást kíván, szintén a válaszpontosság növekedését maga után vonva. Hasonlóképpen a sorozat végének, illetve az új feladat következésének előreláthatósága szintén csökkenthette a hibaarányt. Mindezen hatások, illetve a hibázási valószínűség csökkenése, azonban a reakcióidő csökkenését is maguk után vonhatták volna, mivel ez nem így történt, valószínűsíthető, hogy a reakcióidő és a hibaarányok alakulása mögött különféle hatótényezők állnak.



18. ábra. A reakció idők alakulása váltás előtt (2-8. ill. 2. pozíció az 1. ill. 2. kísérletben) és a váltást követően (1. pozíció) a Feladat Kompatibilitás és Válasz-szekvencia változókra tekintet nélkül, a Tehetséges és Jó csoport tagjainál az 1. és a 2. kísérlet alapján.

A reakcióidő, főképpen a váltási (1. pozíció) reakcióidő növekedése elvárásainknak megfelelően, szükségképpen következik abból, hogy csökkent (600 ms-ról 400 ms-ra) az előkészületekhez

rendelkezésre álló idő, a jelzőinger-inger intervallum (CTI). Ehhez járul még az, hogy a válaszadás után közvetlenül, lényegében jelzőinger-inger intervallumnyi idővel jelent meg a következő - a régi, vagy az új feladathoz tartozó - inger, lényegesen 'feszesebb' munkatempót megkívánva. Nem utolsó sorban, pedig azért, hogy az ingerek egy részére nem kell reagálni egyfajta stop-effektus lép fel. Ennek következtében egy feladat-készlet (task set) egy feladaton belül is átmenetileg gátlás alá kerül (amikor az ingerre nem kell válaszolni), és e gátlás illetve e gátlás alóli felszabadulás befolyással lehet mind a váltási, mind pedig a váltást követő válaszok idejére. Ezt mutatják azok az elemzéseink, melyek tanulsága szerint a válaszügy (és a hibaarány 'kihagyások' esetén) kisebb a 2. pozícióban, amennyiben a váltási pozícióban kellett és nagyobb amennyiben a váltási pozícióban nem kellett gombnyomással válaszolni. A váltási reakcióidők (és a 'kihagyási' hibaarányok) éppen ellenkezőleg nagyobbak, ha a váltást megelőzően, vagyis az előző feladat 2. ingerére is gombnyomással kellett válaszolni és kisebbek, ha nem. A váltási reakcióidők növekedése és a feladatismétlési reakcióidők csökkenése összességében, mintegy 20-40 ms-mal nagyobb váltási veszteséget eredményez. Ezt az értelmezést erősíti a 'téves riasztás' típusú hibák esetén kimutatott Inger-szekvencia x Válasz-szekvencia interakció is. A 'kihagyásokkal' ellentétben, ez esetben a hibaarány megnő a 2. pozícióban, amikor a megelőző ingerre (azonos feladat 1. pozíció) kellett válaszolni, azaz egy már aktivált feladat-készlet deaktiválásáról van szó, illetve a hibaarány csökken, amikor az 1. pozícióban nem kellett válaszolni, azaz egy gátolt sémát kell továbbra is gátlás alatt tartani. Megjegyzendő azonban, hogy az 1. kísérlethez hasonlóan a hibaadatok alakulása nem követi a normál eloszlás szabályszerűségeit. A feladat készlet átmeneti gátlása a feladat típusától és az inger kompatibilitásától függetlennek tűnik, összefüggésük pontos elemzése, azonban egy önálló (pl. hasonló elrendezés mellett hosszabb sorozatokat alkalmazó) kísérletet igényelne<sup>21</sup>.

---

<sup>21</sup> E hatásnak egy alternatív értelmezése is lehetséges, mely a váltási veszteség „tehetetlenségi”, proaktív interferenciára hivatkozó magyarázatával volna összhangban. A megelőző feladat hatása áterjed a váltást követő későbbi (2.) ingerre is, ha az új feladat 1. ingerére nem kellett válaszolni. A proaktív interferencia jelenléte valószínűsíthető, figyelembe véve, hogy a válasz-jelzőinger intervallum (RCI) minimális volt abban az esetben, amikor kellett az előző feladat 2. ingerére reagálni. Valószínűbb azonban, hogy a reakcióidő és hibaarány növekedés a 2. pozícióban az aktuális feladat átmeneti gátlásával függ össze. Mivel e magyarázatok

Az alapjelenségeket tekintve a 2. kísérlet megismétli az 1. kísérlet eredményeit. A váltási hatás (magasabb reakcióidő 1. pozícióban, mint 2. pozícióban), a kompatibilitási hatás (hosszabb válaszidő inkompatibilis helyzetben, mint kompatibilis helyzetben) az Inger-szekvencia x Kompatibilitás interakció hiánya alacsony hibaszázalék (a reakcióidők vonatkozásában a 'kihagyás' típusú hibák alacsony száma a mérvadó) mellett azáltal, hogy a kísérleti beállítások módosulásával is megjelennek megbízhatóbbá, és meggyőzőbbé teszik az első kísérlet eredményeit, illetve a kimutatott csoportkülönbségeket is. Habár a feladatok közötti különbség e kísérletben nem mutatkozott szignifikánsnak, a Kompatibilitás x Feladat interakció, illetve az aszimmetrikus váltási veszteség (Inger-szekvencia x Feladat interakció) azt mutatja, hogy a feladatok eltéréseinek köszönhetően másképpen érvényesülnek a hatások a két feladatban. A váltási és a kompatibilitási hatás a reakcióidők alapján a módosított elrendezés mellett is függetlennek tűnik, független kontrollfunkciók jelenlétét valószínűsítve a jelenségek háttérében, bár a hibaarányok alakulása ezúttal ezt nem igazolja.

A 2. kísérletben a csoportok közötti különbségek, azonoságok szempontjából az 1. kísérlet eredményeihez hasonló összefüggések mutatkoznak meg. Az alapjelenségek lényegében mindkét csoport esetén hasonlóképpen jutnak kifejeződésre. A feladat sajátosságaiból fakadó hatások (Feladat főhatás és interakciói), illetve a feladaton belüli gátlási hatások (Válasz-szekvencia főhatása és interakciói) hasonlóképpen jelentkeznek a két csoportnál mind reakcióidő, mind pedig válaszpontosság vonatkozásában. Valójában a váltási és a kompatibilitási hatás is mindkét csoportnál megmutatkozik. A két csoport teljesítményének összehasonlítása azonban markáns különbségeket mutat. Egészen szembeutó, hogy a kompatibilitási hatás a Tehetséges csoportban gyakorlatilag nem létezőnek tűnik a Jó csoport teljesítményének kontrasztjában. A váltási hatás ebben a kísérletben lényegesen jelentősebbnek mutatkozik mindkét csoport esetében (18. ábra). Még a Tehetséges csoportban is a váltási veszteség – a fentebb ismertetett okokból – lényegében megkétszereződött. Ennek ellenére jelentősnek mutatkozik a két csoport közötti teljesítménykülönbség. Ha figyelembe vesszük, hogy a hibázások tekintetében, és általában a reakciók sebességében nincs különbség a két csoport között, akkor a Tehetségesek fölénye, mind a kompatibilitási, mind pedig a váltási hatás szempontjából ki-

---

inkább kiegészítő, mint versengő viszonyban vannak (lásd Meiran, 2000) a következtetéseket nem érintik.

hangsúlyozza a feldolgozási folyamatok, elsősorban a kontrolláló, ellenőrző működések hatékonyságának jelentőségét a matematikai intelligencia vonatkozásában. Ezt az interpretációt erősíti a kovarianciaanalízis eredménye, mely a Tehetséges csoport fölényét az intelligenciaszint hatásának kiszűrése után is jelentősnek mutatja.

DUPress

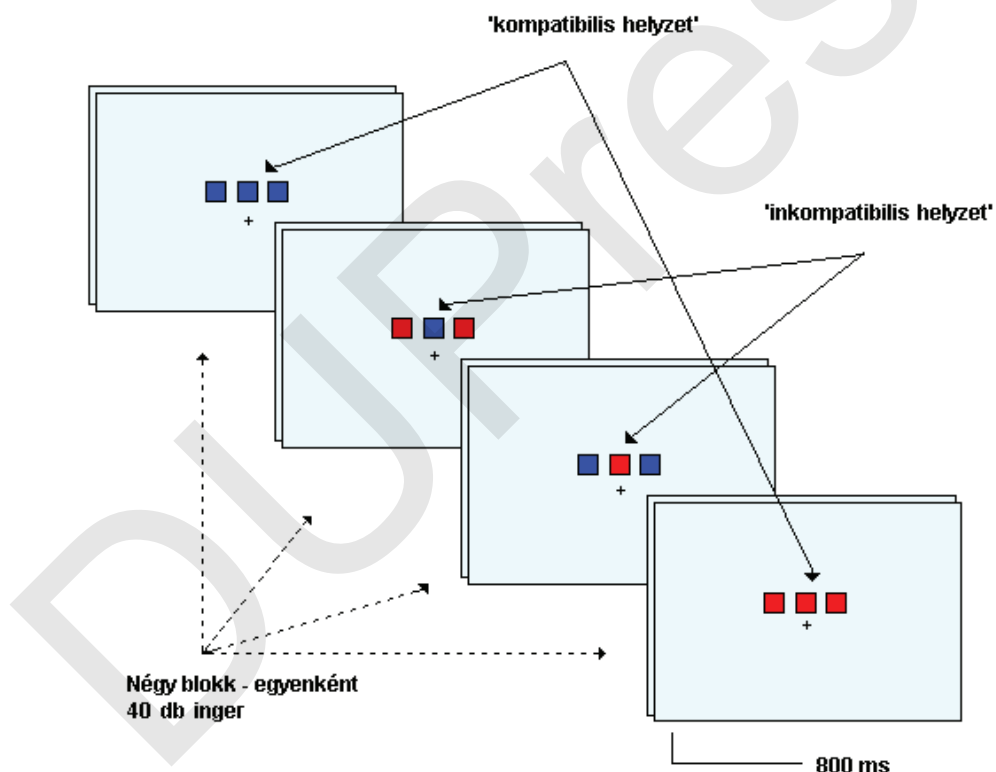
### 8.3. A FIGYELMI SZELEKCIÓ JELENSÉGEINEK VIZSGÁLATA

A figyelmi szelekció kísérleti vizsgálatának egyik alapesete a Stroop helyzet. Egy Stroop jellegű feladatban a teljesítmény alapvető meghatározója a releváns információ kiszűrését, illetve a feladat szempontjából lényegtelen, zavaró információ figyelmen kívül hagyását lehetővé tevő hatékony szelektív figyelmi működés. A központi végrehajtó szempontjából a figyelmi szűrés, mint kontrollfunkció értelmeződik, mely a választendenciák, illetve a válaszséma alternatívák szelektív gátlásában jelenik meg és, mint *szelekció* vagy *gátlás* említetik. Vizsgálatunkban a figyelmi szelekciós működést két szempontból is szemügyre vesszük. A feladat-váltás eljárás, azáltal, hogy szükségképpen kétértékű ingereket használ a figyelmi szelekció folyamatait is 'előhívja'. A Szekvencia x Kompatibilitás interakció hiánya mindkét feladat-váltási kísérletben lehetővé teszi számunkra, hogy kísérleti adatainkat a szelekció kontroll funkció tanulmányozására is felhasználjuk. Ugyanakkor egy önálló vizsgálatot is végeztünk, mely lényegesen egyszerűbb, a központi végrehajtót kevésbé terhelő, ennél fogva tisztább mérési lehetőséget teremtő helyzetben engedi a figyelem szelektív aspektusát vizsgálni. Harmadik kísérletünkben az Eriksen-féle *zaj-kompatibilitási* feladat egy színdiszkriminációs változatát használtuk (Eriksen, 1995, idézi Czigler, 2001, Sanders, és Lamers, 2002). A figyelem szelektív működése ez esetben is az inger-együttes egyes sajátosságai között fellépő konfliktusra vezethető vissza (illetve a konfliktus feloldásának szükségességére), noha ebben az eljárásban a zavaró hatás térileg elhatárolható elemekből fakad. A zavaró hatás abban az esetben éri el maximumát, ha a zavaró ingerek által feltételeesen (ha az adott inger célpozícióban állna) igényelt válasz eltér a célingerre adekvát választól (inkompatibilis helyzet), és minimális a zavaró hatás, amennyiben a két válasz azonos lenne (kompatibilis helyzet). A reakcióidő különbség a kompatibilis és inkompatibilis helyzetek között, mint *szelekciós veszteség* mutató a zavaró hatással szembeni 'ellenálló képesség', avagy a központi végrehajtó szelektív működése hatékonyságának jelzőindexeként értelmezhető.

## 8.3.1. MÓDSZEREK

## 8.3.1.1. INGEREK ÉS FELADATOK

A képernyő középvonalában 0,8 x 0,8 fokos méretű, folyamatosan jelen lévő fixációs kereszt fölött három, együttesen 7 fokos horizontális és 1,4 fokos vertikális látószög méretű négyzet villant fel. A *kompatibilis* feltételben a három négyzet egyszínű volt (mindhárom piros vagy mindhárom kék), az *inkompatibilis* feltételben a középső négyzettől balra illetve jobbra elhelyezkedő [flanker], azonos színű négyzetek színe eltért a középső négyzet színétől. Az 19. ábra mutatja az ingereket kompatibilis és inkompatibilis helyzetben.



19. ábra. A zaj-kompatibilitási kísérlet ingerei kompatibilis és inkompatibilis helyzetben. (Kompatibilis helyzetben a négyzetek egyszínűek, inkompatibilis helyzetben a középső elem színe más, mint a szélsőké.)

A kísérleti személyek feladata volt a válaszbillentyűk egyikének lenyomásával jelezni, hogy a célinger (középső négyzet)

színe piros volt-e (pl. 0 billentyű - bal kéz) vagy kék (pl. 9 billentyű - jobb kéz) az irreleváns négyzetek színére tekintet nélkül.

### 8.3.1.2. ELRENDEZÉS

A két billentyű együttes lenyomására villant fel a három négyzet és a kísérleti személyválasztól függetlenül 800 ms ideig volt látható. A vizsgálat a feladat lényegét bemutató grafikus instrukcióval kezdődött. Az instrukció azonos hangsúllyal emelte ki a kísérleti személy válaszainak gyorsaságára és pontosságára vonatkozó elvárásainkat. A gyakorló szakaszban a személyek két blokkban 10 kompatibilis és 10 inkompatibilis ingert kaptak. A kísérleti szakaszban, négy blokkban összesen 160, felerészt kompatibilis, felerészt inkompatibilis próbát teljesítettek. A blokkok tetszőleges hosszúságú szünetekkel voltak elválasztva. Mind a négy blokk tiszta volt abban az értelemben, hogy csak kompatibilis vagy inkompatibilis ingereket tartalmazott. A blokkok sorrendje (kompatibilis-inkompatibilis-inkompatibilis-kompatibilis) minden személy esetén azonos volt. A gyakorló és a kísérleti szakaszban is hangjelzés követte a hibás és a lassú választ. A kísérleti szakasz kb. 12 percig tartott. A kéz-szín kapcsolat a kísérlet egészében, személyek között kiegyenlített volt.

### 8.3.2. EREDMÉNYEK

#### 8.3.2.1. REAKCIÓIDŐ ELEMZÉS

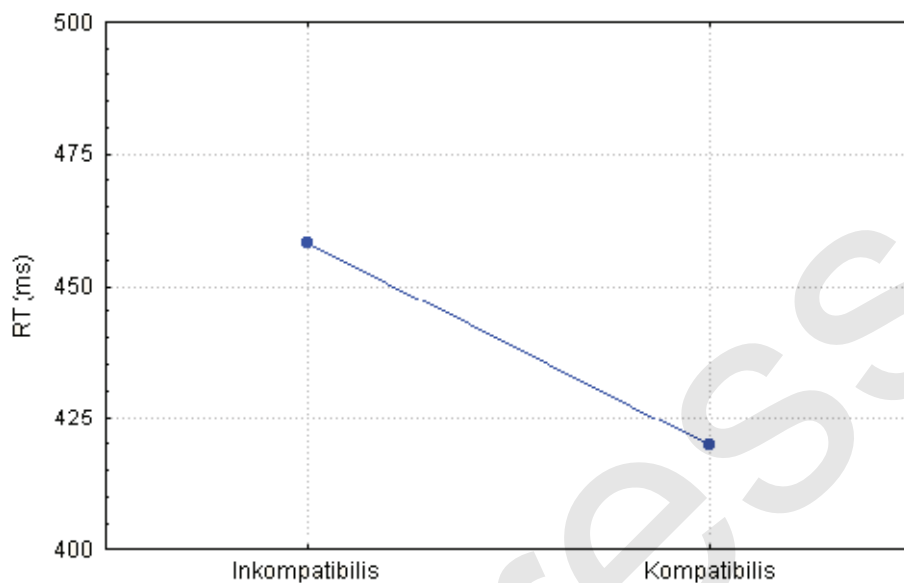
Az elemzésből ezúttal is kimaradtak a hibás válaszok és a gyakorló próbák eredményei. A feltételenként 80 válasz személyenként számolt mediánja jelenti az elemzés kiindulópontját.

Ismételt méréses ANOVA-t végeztünk Kompatibilitás (Kompatibilis vs. Inkompatibilis) személyen belüli és Csoport (Tehetséges vs. Jó) személyek közötti faktorokkal.

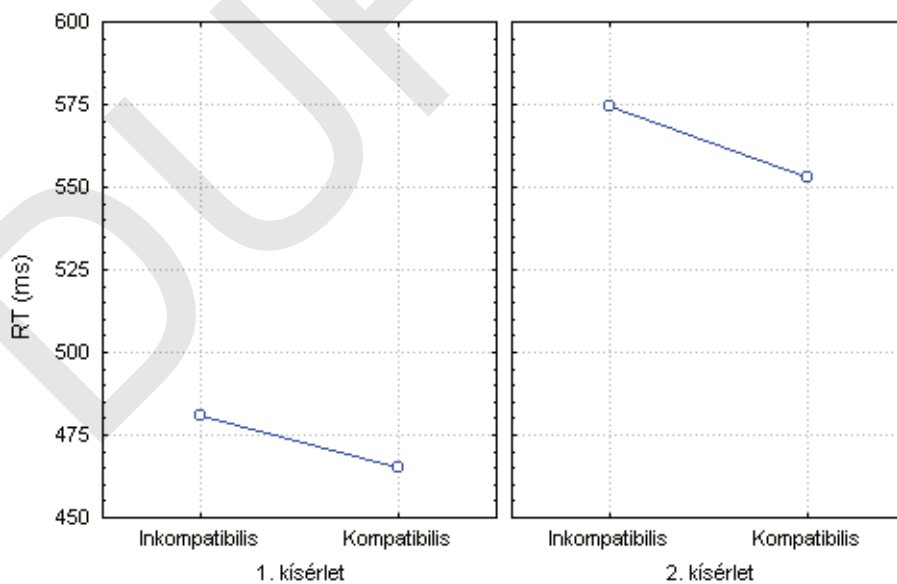
#### 8.3.2.1.1. ALAPJELENSÉGEK

A 20. ábra mutatja a reakcióidő alakulását az ingerek kompatibilitása szerint.

Az elemzés tanúsága szerint (Kompatibilitás:  $F(1,36)=65,078$ ;  $p<0,001$ ) markáns kompatibilitási hatás mutatkozik az inkompatibilis ingerekre adott válaszok lényegesen nagyobb latenciaidejének következtében (kb. 38 ms többlet).



20. ábra. A reakcióidő átlagok kompatibilis és inkompatibilis helyzetben a zaj-kompatibilitási kísérlet alapján.



21. ábra. A reakcióidő átlagok kompatibilis és inkompatibilis helyzetben az 1. és 2. feladat-váltás kísérlet alapján.

Összehasonlításképpen a 21. ábra mutatja a kompatibilis és inkompatibilis ingerekre adott reakcióidőket a feladat-váltás két kísérletében.

Csupán emlékeztetőül, a kompatibilitási hatás mindkét feladat-váltás kísérletben szignifikánsnak bizonyult (1. kísérlet:  $F(1,37)=72,269$ ;  $p<0,001$ ); 2. kísérlet:  $F(1,37)=12,635$ ;  $p=0,001$ ) a Kompatibilitás szignifikáns és nem szignifikáns interakciói mellett is.

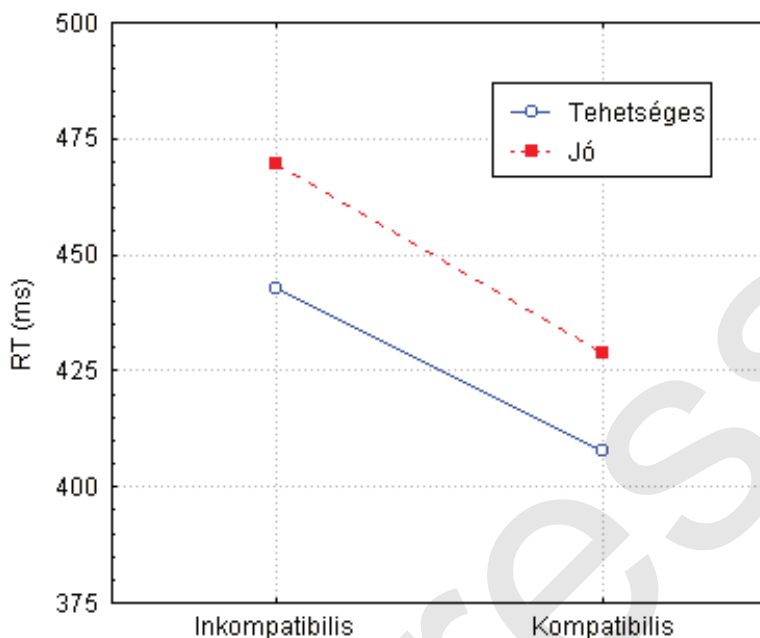
#### 8.3.2.1.2. CSOPORTOK KÖZÖTTI KÜLÖNBSÉGEK VIZSGÁLATA

Az 22. ábra mutatja a kompatibilis és inkompatibilis ingerekre adott reakcióidőket a Tehetséges és a Jó csoport esetén.

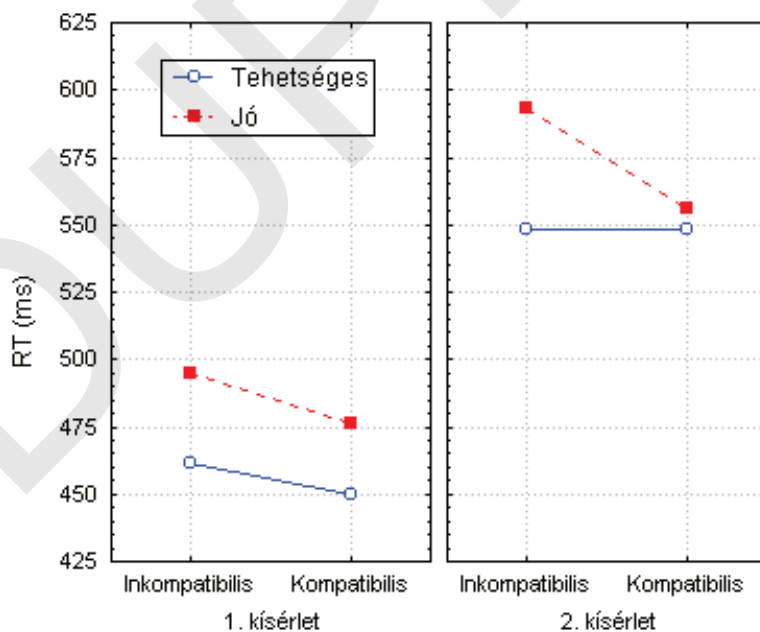
A Csoport változó főhatása nem szignifikáns ( $p>0,05$ ), mutatva, hogy nincs lényeges sebesség különbség a csoportok között. Hasonlóképpen nem szignifikáns a Csoport x Kompatibilitás interakció sem ( $p>0,05$ ), jelezve, hogy a kompatibilitási hatás egyaránt megmutatkozik a két csoport teljesítményében, azonban a hatás mértéke nem tér el a két csoport között.

Az 23. ábra mutatja a kompatibilitási hatás nagyságát a Tehetséges és a Jó csoport esetén az 1. és a 2. feladat-váltási kísérlet eredményei alapján.

Mindkét kísérletben megállapítható, hogy nincs jelentős különbség a két csoport között a válaszadás sebességét tekintve (Csoport:  $p>0,05$ ), ugyanakkor a kompatibilitási hatás mértéke lényegesen kisebb a Tehetséges csoportban a Jó csoporthoz képest (Csoport x Kompatibilitás 1. kísérlet:  $F(1,36)=4,598$ ;  $p=0,039$ ; 2. kísérlet:  $F(1,36)=11,216$ ;  $p<0,002$ ), elsősorban annak köszönhetően, hogy a Jó csoport tagjainál az inkompatibilis ingerekre adott válaszok reakcióideje jelentősen megnőtt.



22. ábra A reakcióidő átlagok kompatibilis és inkompatibilis helyzetben a Tehetséges és a Jó csoport tagjainál a zaj-kompatibilitási kísérletben.



23. ábra A reakcióidő átlagok kompatibilis és inkompatibilis helyzetben a Tehetséges és a Jó csoport tagjainál az 1. és a 2. feladat-váltás kísérlet alapján.

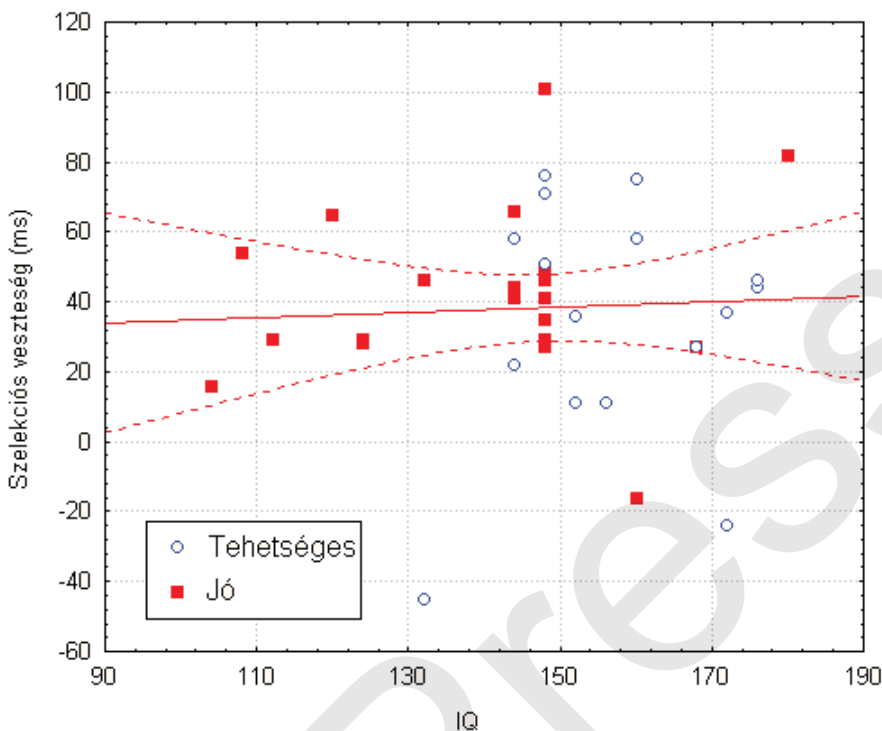
### 8.3.2.1.3. SZELEKCIÓS VESZTESÉG ÉS MATEMATIKAI INTELLIGENCIA, ÁLTALÁNOS INTELLIGENCIA, NEMI KÜLÖNBSÉGEK

Az általános intelligencia figyelmi szelekcióval kapcsolatos szerepének tisztázása, és a nemi arányok torzító hatásának ellenőrzése érdekében a váltási veszteség analógiájára *szelekciós veszteség* mutatót hoztunk létre az inkompatibilis és a kompatibilis ingerekre adott válaszidők különbségének kiszámításával. Összetett, többszemponos kovarianciaanalízist végeztünk erre a mutatóra Csoport (Tehetséges vs. Jó) és Nem (Lány vs. Fiú) csoportok közötti változók és IQ kovariáns változó bevonásával. Az 13. táblázat mutatja a szelekciós veszteség alakulását a két csoport esetén nemek szerinti bontásban az IQ feltüntetésével.

		Szelekciós veszteség (ms)	Sd	IQ	Sd
<b>Tehetséges</b>	<b>Lány</b>	31,25	41,3	161	12,8
	<b>Fiú</b>	35,75	33,3	155,3	13,4
<b>Jó</b>	<b>Lány</b>	37,94	22,9	138,3	21,8
	<b>Fiú</b>	49,00	26,4	147,3	1,6

13. táblázat. A szelekciós veszteség nagysága (átlag, szórás) és az IQ a Tehetséges és a Jó csoport esetén nemek szerint a zaj-kompatibilitási kísérlet alapján.

Az eredmények szerint sem a Csoport ( $p > 0,05$ ) sem a Nem ( $p > 0,05$ ) változó hatása nem szignifikáns. A szelekciós veszteség IQ szint szerinti alakulását mutatja 24. ábra a Csoport változó szerinti bontásban. A Csoport változó kihagyásakor, azaz csupán az IQ kovariáns szerepeltetések, tehát lényegében regresszióelemzés esetén az IQ hatása nem szignifikáns ( $p > 0,05$ ). A Csoport, a Nem és az IQ változókat egyaránt szerepeltető elemzés eredményi szerint sem a csoportkülönbségek, sem a nemi különbségek, sem az intelligencia hatása nem bizonyult szignifikánsnak ( $p > 0,05$ ).



24. ábra. A szelekciós veszteség alakulása az IQ függvényében a csoporttagság feltüntetésével a zaj-kompatibilitási kísérlet alapján.

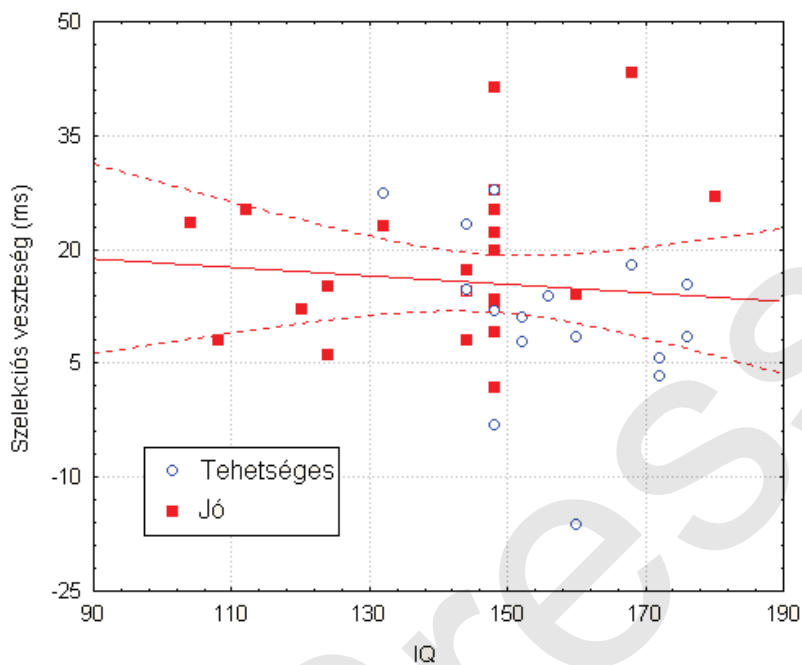
Annak érdekében, hogy hasonló elemzést végezhessünk a feladat-váltás kísérletek eredményei alapján, szintén meghatároztuk a szelekciós veszteség mutatóját az inkompatibilis és kompatibilis reakcióidőátlagok különbségének kiszámításával. Ennek során nem voltunk tekintettel sem az inger-, sem pedig - a 2. kísérletben - a válasz-szekvenciára, tekintve, hogy a kompatibilitási hatás egyik kísérletben sem függött a szekvenciális pozíciótól (Kompatibilitás x Szekvencia:  $p > 0,05$ ), és nem függött a válaszrendtől sem. Ezen kívül az átlagoláskor nem vettük figyelembe a feladat típusát sem, annak ellenére, hogy az 1. kísérletben szignifikáns volt a Feladat x Kompatibilitás interakció [ $F(1,37)=25,7$ ;  $p < 0,001$ ], mivel ezen eredmény a kompatibilitási hatás fokozódását takarja az egyik (ÉRTÉK) feladat esetén nem az eltűnését. A 14. táblázat mutatja a szelekciós veszteség alakulását a két csoport esetén nemek szerinti bontásban az IQ feltüntetésével az 1. és a 2. feladat-váltás kísérlet eredményei alapján. A Csoport változó hatása mindkét kísérletben jelentősnek bizonyult (1. kísérlet: [ $F(1,34)=5,009$ ;  $p=0,032$ ] ; 2. kísérlet: [ $F(1,34)=7,555$ ;

$p=0,01$ ], míg a nemek közötti különbség és a Nem x Csoport interakció egyik esetben sem szignifikáns ( $p>0,05$ ).

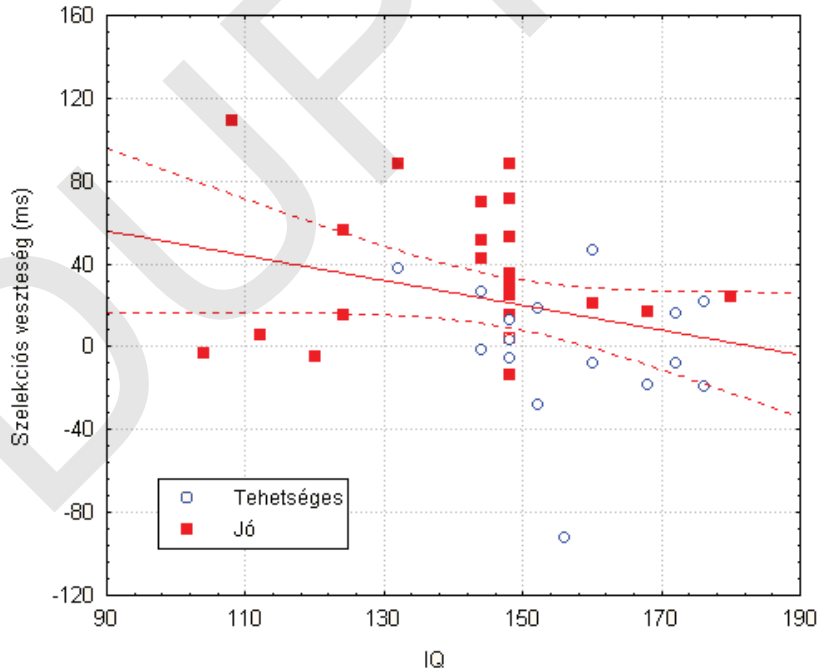
		Szelekciós vesz- teség 1. kísérlet (ms)	Szelekciós vesz- teség 2. kísérlet (ms)	IQ
<b>Tehetséges</b>	<b>Lány</b>	8,02 (4,2)	-3,73 (18,5)	161 (12,8)
	<b>Fiú</b>	12,19 (12,6)	1,87 (36,3)	155,3 (13,4)
<b>Jó</b>	<b>Lány</b>	18,03 (9,6)	40,51 (34,5)	138,3 (21,8)
	<b>Fiú</b>	20,58 (13,5)	26,75 (31,2)	147,3 (1,6)

14. táblázat. A szelekciós veszteség nagysága (átlag, szórás) és az IQ a Tehetséges és a Jó csoport esetén nemek szerint az 1. és 2. feladatváltási kísérlet alapján.

A szelekciós veszteség és az intelligencia viszonyát a két kísérlet eredményei alapján mutatja a 25. és 26. ábra. Az IQ hatása önmagában egyik kísérletben sem bizonyult jelentősnek ( $p=0,073$ ). A Csoport, Nem és IQ változókat tartalmazó elemzés eredményei szerint sem a nemi különbségek, sem az intelligencia hatása és a Csoport x Nem interakció sem bizonyult szignifikánsnak ( $p>0,05$ ), azonban a Tehetségesek javára fennálló különbség jelentős maradt (1. kísérlet:  $[F(1,33)=4,751; p=0,037]$ ; 2. kísérlet:  $[F(1,33)=5,476; p=0,025]$ ).



25. ábra. A szelektációs veszteség alakulása az IQ függvényében a csoporttagság feltüntetésével az 1. feladat-váltás kísérlet alapján.



26. ábra A szelektációs veszteség alakulása az IQ függvényében a csoporttagság feltüntetésével a 2. feladat-váltás kísérlet alapján.

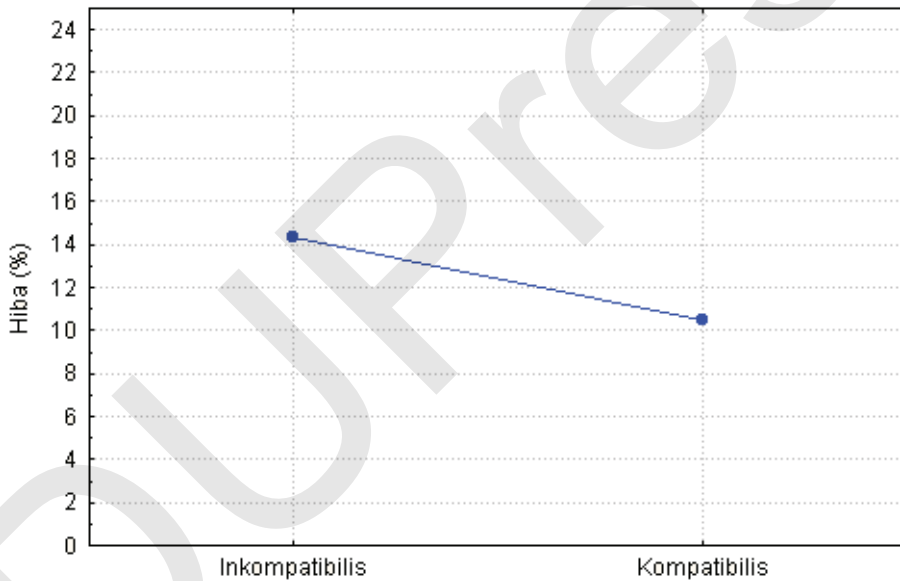
### 8.3.2.2. HIBAELEMZÉS

A hibaelemzés a reakcióidő elemzésből kimaradt rossz vagy elmulasztott válaszokra irányult. Az elemzés alapjául a hibásnak minősített válaszoknak a feltételenként 80 inger összességéhez viszonyított százalékos aránya szolgált.

Ismételt méréses ANOVA-t végeztünk Kompatibilitás (Kompatibilis vs. Inkompatibilis) személyen belüli és Csoport (Tehetséges vs. Jó) személyek közötti faktorokkal.

#### 8.3.2.2.1. ALAPJELENSÉGEK

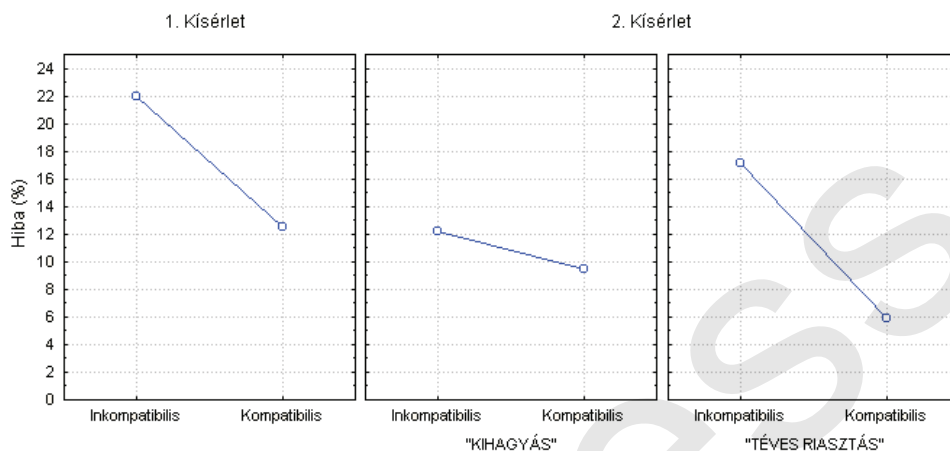
A 27. ábra mutatja a hibaarányok alakulását kompatibilis és inkompatibilis ingerek esetén.



27. ábra. A hibaszázalékok alakulása kompatibilis és inkompatibilis helyzetben a zaj-kompatibilitási kísérlet alapján.

A szignifikáns Kompatibilitás főhatás [ $F(1,36)=23,351$ ;  $p<0,001$ ] azt mutatja, hogy a reakcióidőkhöz hasonlóan, a hibaarányokban is jelentős mértékű kompatibilitási hatás jelentkezik az inkompatibilis helyzetben mérhető magasabb hibaszázalékoknak köszönhetően.

Az 28. ábra mutatja a hibaszázalékokat kompatibilis és inkompatibilis helyzetben az 1. és 2. feladatváltási kísérlet alapján.



28. ábra. A hibaszázalékok alakulása kompatibilis és inkompatibilis ingerek esetén a feladat-váltás 1. kísérletében és a 2. kísérletben, a „kihagyások” és a „téves riasztások” esetén.

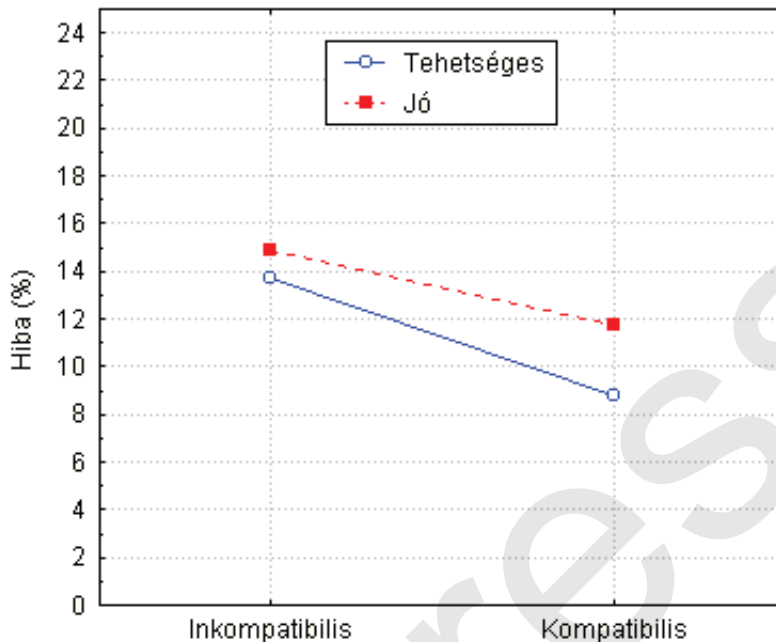
Az eredmények szerint a kompatibilitási hatás jelentősnek mutatkozik mind az 1. kísérletben [ $F(1,37)=246,63$ ;  $p<0,001$ ], mind pedig a 2. kísérletben a „kihagyások” [ $F(1,36)=14,186$ ;  $p=0,001$ ] és a „téves riasztások” [ $F(1,36)=92,561$ ;  $p<0,001$ ] szempontjából egyaránt.

#### 8.3.2.2.2. CSOPORTOK KÖZÖTTI KÜLÖNBSEGEK VIZSGÁLATA

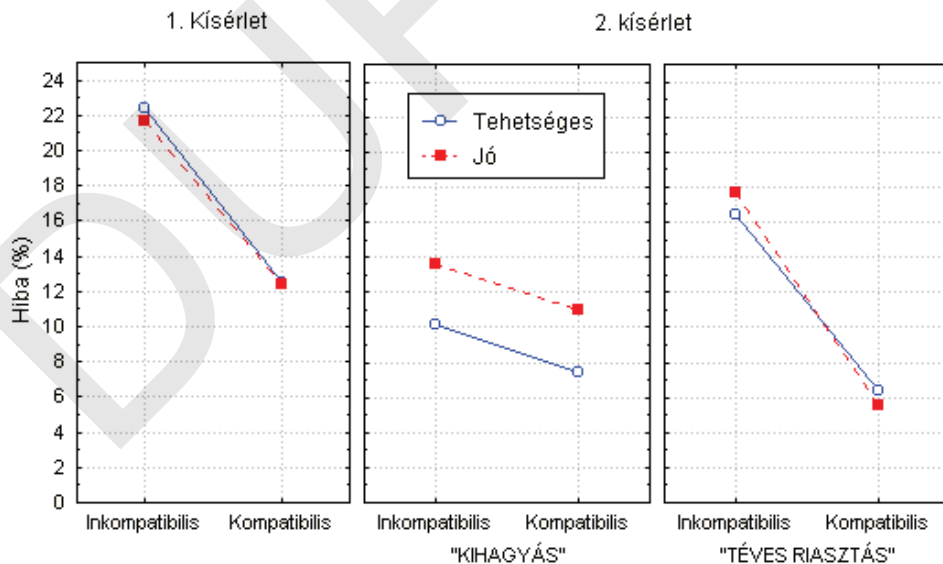
Az 29. ábra mutatja a hibaarányok alakulását kompatibilis és inkompatibilis ingerek esetén a két csoport tagjainál.

A Csoport változó főhatása nem szignifikáns ( $p>0,05$ ), jelezve, hogy a hibaarányok mértéke nem tér el jelentősen a két csoport összevetésében. Hasonlóképpen a nem szignifikáns Csoport x Kompatibilitás interakció ( $p>0,05$ ) azt mutatja, hogy a kompatibilitási hatás a két csoport teljesítményében egyformán, nem mutatkozik meg a hibaszázalékokban.

Az 30. ábra mutatja a hibaarányokat a Tehetséges és a Jó csoport esetén az 1. kísérletben és a „kihagyások” illetve „téves riasztások” (2. feladat-váltási kísérlet) szempontjából.



29. ábra. A hibaszázalékok alakulása kompatibilis és inkompatibilis helyzetben a Tehetséges és a Jó csoport tagjainál a zaj-kompatibilitási kísérlet alapján.



30. ábra. A hibaszázalékok alakulása kompatibilis és inkompatibilis ingerek esetén a Tehetséges és a Jó csoport tagjainál a feladat-váltás 1. kísérletében és a 2. kísérletben, a „kihagyások” és a „téves riasztások” esetén.

A válaszok pontosságának elemzése, mindkét kísérletben egyaránt sem általában vett 'precíziós' eltérést nem mutatnak ki a csoportok között (Csoport:  $p>0,05$ ), sem pedig bármilyen, az inger-kompatibilitással összefüggő teljesítménybeli eltérést (1. kísérlet:  $p>0,05$ ; „kihagyás”:  $p>0,05$ ; „téves riasztás”:  $p>0,05$ ) azt jelezve, hogy a kompatibilitási hatás a hibázások tekintetében egyformának mutatkozik a két csoportban.

#### 8.3.2.2.3. SZELEKCIÓS VESZTESÉG ÉS MATEMATIKAI INTEL- LIGENCIA, ÁLTALÁNOS INTELLIGENCIA, NEMI KÜLÖNB- SÉGEK

A szelekciós veszteség mutató a hibázások esetén a kompatibilis és inkompatibilis helyzetben mért hibaarányok különbségéből adódik. A hibázások esetén is egy összetett, többszemponos kovarianciaanalízisben elemeztük a Csoport (Tehetséges vs. Jó) és Nem (Lány vs. Fiú) csoportok közötti változók illetve az IQ kovariáns változó hatásait.

Az 15. táblázat mutatja a szelekciós veszteség mutató nagyságát a két csoport esetén nemek szerinti bontásban, az IQ feltüntetése mellett.

Az eredmények szerint sem a Csoport és a Nem változó hatása sem pedig a Csoport x Nem interakció nem szignifikáns (valamennyi esetben  $p>0,05$ ).

		Szelekciós veszteség (hiba %)		IQ	
Tehetséges	Lány	2,78	(4,3)	161	(12,8)
	Fiú	5,56	(4,2)	155,3	(13,4)
Jó	Lány	3,96	(5,4)	138,3	(21,8)
	Fiú	0,74	(5,6)	147,3	(1,6)

15. táblázat. A váltási veszteség hibaszázalékban kifejezett nagysága (átlag, zárójelben szórás) és az IQ a Tehetséges és a Jó csoport esetén nemek szerint a zaj-kompatibilitási kísérlet alapján.

Az IQ kovariáns egyedüli szerepeltetésekor az IQ hatása nem szignifikáns ( $p>0,05$ ). A Csoport, a Nem és az IQ változókat egyaránt szerepeltető elemzés eredményi szerint sem a csoportkülönbségek, sem a nemi különbségek, sem az intelligencia hatása nem bizonyult szignifikánsnak ( $p>0,05$ ). A szelekciós veszteség mutatót a két feladat-váltás kísérlet eredményei alapján is

meghatároztuk az inkompatibilis és kompatibilis hibaszázalékok különbségének kiszámításával, a 2. kísérletben a „kihagyás” és a „téves riasztás” típusú hibák különválasztásával. Ez esetben sem vettük figyelembe az átlagoláskor a feladat típusát, az inger-szekvenciát és a feladat-szekvenciát, annak ellenére, hogy a hibák esetében szignifikánsnak bizonyult a Kompatibilitás x Inger-szekvencia interakció, hiszen ez nem váltási hatást jelentett, hanem csupán a hibaarányok egyenetlen megoszlását az inger sorrend függvényében. A 16. táblázat mutatja a szelekciós veszteség alakulását a két csoport esetén nemek szerinti bontásban az 1. és a 2. feladat-váltás kísérlet eredményei alapján.

A Csoport változó hatása sem az 1. kísérletben, a 2. kísérletben pedig sem a „kihagyások” sem a „téves riasztások” szempontjából nem bizonyult jelentősnek. Hasonlóképpen a Nem változó és a Nem x Csoport interakció egyik esetben sem jelentős.

Az IQ hatása önmagában egyedül a „téves riasztások” tekintetében mutatkozott jelentősnek [ $F(1,36)=4,275$ ;  $p=0,046$ ], ugyanakkor a teljes elemzésben, azaz a Csoport, Nem és IQ változókat egyaránt szerepeltető elemzésben valamennyi hatótényező közvetlen és áttételes hatása nem érte el szignifikáns mértek szintjét ( $p>0,05$ ).

		Szelekciós veszteség (hiba %)					
		1. kísérlet		2. kísérlet			
		Hiba		„kihagyás”		„téves riasztás”	
Tehets.	Lány	8,28	(1,9)	1,68	(2,3)	9,55	(5,9)
	Fiú	10,31	(4,3)	3,03	(4,3)	10,18	(5,6)
Jó	Lány	9,42	(3,0)	3,06	(5,3)	11,99	(9,3)
	Fiú	8,71	(5,3)	1,80	(2,8)	12,46	(2,7)

16. táblázat. A szelekciós veszteség hiba-, „kihagyás-” és „téves riasztás-” százalékokban kifejezett nagysága (átlag, zárójelben szórás) a Tehetséges és a Jó csoport esetén nemek szerint az 1. és 2. feladat-váltási kísérlet alapján.

### 8.3.3. MEGBESZÉLÉS

A figyelmi szelekció elemzéséhez használt zajkompatibilitási feladat eredményei az elvárásoknak megfelelő, sokszor dokumentált eredményeket hozta. Inkompatibilis ingerhelyzetben, azaz amikor a releváns információhoz (célinger szí-

ne) tartozó válasz nem egyezik meg a válasszal, mely az irreleváns információhoz (oldalsó ingerek színe) tartozna abban az esetben, ha ez utóbbi a célinger helyén szerepelne, a reakcióidő lényegesen nagyobb a kompatibilis helyzetben mért reakcióidőkhöz képest, amikor a fentebbi helyzet nem áll fenn, azaz amikor a végrehajtandó és az alternatív válasz azonos. A reakcióidő növekmény, alapértelmezés szerint annak tulajdonítható, hogy helyes válasz adása inkompatibilis helyzetben csak általa lehetséges, hogy a válasz szerveződés folyamatában fellépő interferencia, vagyis az adekvát illetve az alternatív válasz versengése feloldásra kerül. A végrehajtói működések felől értelmezve, a megnövekedett reakcióidő a központi végrehajtónak tulajdonított - a választendenciák gátlásában és serkentésében megnyilvánuló - kontrollfolyamat(ok) működését/jelenlétét tükrözi. A kompatibilitási hatás megfigyelhető a reakcióidő és a hibarányok alakulásában is egyaránt, ami azt mutatja, hogy inkompatibilis helyzetben nem egyszerűen megnyúlik a reakcióidő (mondjuk annak következtében, hogy a feldolgozás folyamatába egy újabb szakasz, az ellenőrzési szakasz 'lép be'), hanem, hogy a végrehajtás fölött gyakorolt kontroll, ellenőrzés nem mindig sikeres. Ugyanakkor ez az eredmény azt is mutatja, hogy a kompatibilitási hatás mögött nem az úgynevezett *gyorsaság/pontosság felcserélhetőségi hatás* áll, azaz nem arról van szó, hogy a pontosságra vonatkozó instrukciót szem előtt tartva a helyes válasz adása a válaszsebesség rovására biztosítható, vagy fordítva, kissé paradox módon, a gyorsabb válasz (kompatibilis helyzetben) nagyobb fokú pontatlansággal járna együtt. Ez az összefüggés a feladat-váltás két kísérletének eredményei alapján is megállapítható, ahol markáns kompatibilitási hatás jelentkezik mind a reakcióidő, mind a hibarányok vonatkozásában is, ugyanakkor, noha közvetlenül nem hasonlítható össze a két kísérlet, a kompatibilitási hatás, elsősorban a reakcióidő vonatkozásában a zaj-kompatibilitási kísérletben valamivel markánsabbnak bizonyult.

A zaj-kompatibilitási kísérlet eredményei alapján nem mutatható ki különbség a csoportok teljesítményében, sem a reakcióidő, sem a hibarányok szempontjából. Ezzel szemben, mindkét feladat-váltási kísérletben jelentős különbség figyelhető meg a csoportok között a tehetségesek javára a reakcióidők szempontjából. A csoportok közötti különbség mindkét feladat-váltási kísérletben lényegében azonos pontossági teljesítmény mellett jelentkezett. Tehát azonos 'fokú' kiértékelés, válasz-előkészítettség mellett a tehetségesek lényegesen gyorsabb válaszadásra képesek. Annak ellenére, hogy mind az Eriksen kísérlet mind a fel-

adat-váltás kísérletek a figyelem szelektív aspektusával hozható kapcsolatba a csoportkülönbség szempontjából eltérés figyelhető meg a két kísérlet típus között, mely a kísérletek különbségeire vezethetők vissza. E különbség részben az alkalmazott ingerek sajátosságaival (színek illetve számok) és, ehhez kapcsolódóan a végrehajtandó feladatok jellegével (fizikai illetve 'szemantikai' sajátosságok megítélése) hozható kapcsolatba. Másrészt a két kísérlet típus között a legfontosabb eltérés a kísérleti elrendezésben ragadható meg. Míg a feladat-váltás kísérletekben a folyamatos ingeradás (előre meghatározott idői rend szerinti ingerlés az 1. kísérletben, illetve a személy válaszüzenetétől részben függő, mégis determinált ingerlés a 2. kísérletben) semmilyen kontroll lehetőséget nem tesz lehetővé a kísérleti személyek számára, mely a személy 'munkaritmusa'hoz képest optimalizálhatná az ingerek megjelenését, addig a zaj-kompatibilitási kísérletben használt elrendezés lényegében 'öningerlésen' alapul. Az ingerek megjelenését a kísérleti személy maga határozza meg a maga számára (a két válaszbillentyű egyidejű megnyomására jelennek meg az ingerek). Ez utóbbi helyzet lényegesen könnyebb, kedvezőbb a feladat kihívásainak való megfelelés szempontjából, ugyanakkor mégsem képes megakadályozni azon hatások érvényesülését, melyek a kompatibilitási hatás megjelenéséhez vezetnek. Az elvárt csoportkülönbség elmaradása a zaj-kompatibilitási kísérletben tehát részben az egyszerűbb, elemibb feladatnak, részben az optimálisabb feladatteljesítési körülményeknek köszönhető. Másképp fogalmazva, a kísérleti helyzet egyszerűsödésével a csoportkülönbségek kimutathatósága változik meg és nem a csoportok közötti (háttértényezőkből, azaz pszichológiai) különbség maga. Indirekt módon ezt a feltételezést erősíti az is, hogy a váltási kísérletben, különösen a 2. kísérletben, tehát a (leg)nehezebb helyzetben különbözik a leginkább a kompatibilitási hatás nagysága a két csoport között. Azaz amikor a feladat észlelt nehézsége megnő, a kikényszerített nagyobb erőfeszítés, nagyobb fokú odafigyelés mintegy 'kihozza' a képességbeli eltéréseket hatékonyabb, jobb teljesítményt eredményezve olyannyira, hogy a tehetségeseknél a kompatibilitási hatás lényegében megszűnik. Ezzel szemben a feladat nehézségének észlelt csökkenésével az Eriksen feladatban a tehetségesek teljesítménye a jók teljesítményének szintjéhez közelít, miközben általában a teljesítmény javul (a reakcióidők abszolút nagysága csökken mindkét csoportban).

A figyelmi szelekcióval kapcsolatban - mind a zaj-kompatibilitási, mind a feladat-váltás kísérletei alapján - is meg-

állapítható, hogy a teljesítőképességbeli eltérés (amennyiben létezik) a két csoport között, nem hozható összefüggésbe az általános intelligenciával sem közvetlenül az IQ, sem közvetetten, a feldolgozási sebesség révén, miként ez a kovarianciaanalízis eredményeiből és a Csoport főhatások inszignifikanciájából (reakcióidő elemzések esetén) látható.

DUPress

## 8.4. A MUNKAMEMÓRIA KAPACITÁS VIZSGÁLATA

Negyedik vizsgálatunkban a matematikai tehetség 'nagysága' szerint kialakított csoportok munkamemória kapacitásbeli eltéréseit vizsgáljuk meg az *olvasási terjedelem teszt* (Daneman és Carpenter, 1980) magyar változatának (Racsmány és Németh, idézi Németh és mtsai., 2001) felhasználásával. Az eljárás lehetővé teszi a munkamemória kettős működésmódjának, az egyidejű tárolási és feldolgozási műveletek végzésének vizsgálatát, illetve lehetővé teszi az egyidejű feladatvégzést biztosító 'képesség' jellemzését, ugyanakkor a *frissítés*, mint önálló végrehajtoi kontroll funkció jellemzéseként is értelmezhető. Az eljárás során a vizsgálati személy próbánként egyre növekvő számú mondatot olvas fel egymásutánjában, majd a felolvasott mondatok utolsó szavát idézi fel. Egy próba-sorozat addig tart, míg a vizsgálati személy képes hibátlanul visszamondani az egy próba során felolvasott mondatok utolsó szavait. Az olvasási terjedelem nagysága a végrehajtott három próba-sorozatban mutatott legjobb teljesítmények átlagaként adódik. Vizsgálatunk a csoporteltérések vizsgálatán túl a munkamemória kapacitás, vagy frissítési funkció intelligencia függésére is irányulnak.

### 8.4.1. EREDMÉNYEK

#### 8.4.1.1. CSOPORTOK KÖZÖTTI KÜLÖNBSÉGEK

Független mintás *t* próbát végeztünk a munkamemória kapacitás mérőszámával (*Rspan*) a csoportkülönbségek, illetve a nemi eltérések vizsgálatára Csoport (Tehetséges vs. Jó) illetve Nem (Lány vs. Fiú) változókkal. Az intelligencia hatásának vizsgálatára kovarianciaanalízist végeztünk a fenti változók és az IQ kovariáns változó együttes szerepeltetésével.

A 17. táblázat mutatja az olvasási terjedelem teszt eredményének alakulását a két csoport esetén nemek szerinti bontásban az IQ feltüntetésével.

A független-mintás *t* próba eredményei szerint a csoportok közötti különbség jelentősnek bizonyult [ $t(36)=2,252$ ;  $p=0,03$ ], ellenben a fiúk és a lányok közötti különbség nem jelentős ( $p>0,05$ ). A Nem és a Csoport változót is figyelembe vevő elemzés azt mutatja, hogy a nemi arányok eltérései ellenére a csoportok közötti különbség jelentős [ $F(1,34)=5,581$ ;  $p=0,024$ ]. Figyelembe

véve, azonban, hogy jelentős különbség van a szórások mértékében a két csoport között, az átlagokban kimutatott különbségek értelmezésekor óvatosan kell eljárni.

A 31. ábra mutatja az olvasási terjedelem teszt eredményei és az IQ pontszámok közötti viszonyt.

Az IQ-t egyedül szerepeltető elemzés eredménye szerint szignifikáns lineáris kapcsolat állapítható meg az IQ és a munkamemória kapacitás viszonyában.  $[F(1,36)=7,129; p=0,011]$ . A két változó között szignifikáns ( $p=0,006$ ) pozitív korreláció figyelhető meg ( $R=0,407$ ). A számított paraméterek alapján az IQ egy pontnyi növekedése mintegy 0,05-es növekedést eredményez a munkamemória kapacitás mérőszámában. Fordított irányból, talán kissé szemléletesebben egy egységnyi növekedés a kapacitás mérőszámában 3 pontos növekedést eredményez az IQ-ban. Amennyiben, azonban együttesen vesszük figyelembe a Csoport, Nem és IQ változókat, a kovarianciaanalízis eredménye szerint egyik változó hatása sem bizonyult szignifikánsnak. Azaz, az intelligencia szintjének kiszűrését követően a csoportok közötti különbség megszűnt, míg az IQ hatása marginálisan szignifikáns marad  $[F(1,34)=3,7; p=0,063]$ .

		Olvasási terjedelem (helyesen felidézett elemek átlaga)	Sd	Minimum	Maximum
Tehetséges	Lány	7,48	3,5	4,54	12,33
	Fiú	6,09	3,3	3,83	13,67
Jó	Lány	4,77	1,1	3,33	8,17
	Fiú	4,75	0,9	3,33	5,37

17. táblázat. Az olvasási terjedelem nagysága (átlag, szórás, minimum, maximum értékek) a Tehetséges és a Jó csoport esetén nemek szerint.



## 8.5. MUNKAMEMÓRIA KAPACITÁS ÉS FIGYELMI VÁLTÁS, FIGYELMI SZELEKCIÓ, INTELLIGENCIA

A tehetséges és a jó csoport között - még ha az általános intelligencia közvetítésével - létező munkamemória kapacitásbeli tendenciaszerű eltérés felveti a kérdést: vajon a figyelemi folyamatok váltási és szelekciós hatékonyságát jellemző mérőszámokban kimutatott csoportkülönbségek nem éppen a kapacitásbeli eltérésre vezethetők-e vissza, illetve általában, a csoporteltérésektől függetlenül a figyelmi váltás és szelekció folyamata a rendelkezésre álló (tárolói és feldolgozó) kapacitás nagyságának függvénye-e? A feladat-váltás bizonyos értelemben kettősfeladat, azáltal, hogy egyszerre kívánja meg a feladat végrehajtásra vonatkozó szabályok tárolását [storage] és a helyes válasz produkciójához vezető műveletek végrehajtását [processing]. Annak ellenére, hogy a jelzőingerek (háttérszín, felirat) alkalmazása éppen a feladat memóriaterhelését, vagyis a feladat kettősfeladat jellegét hivatott csökkenteni. Ebből következően a 'feladatértelmezési' (Darab vagy Érték feladat) előírások és a válaszprodukcióra vonatkozó (egyik vagy másik válaszbillentyű) szabályok egyidejű észbentartása a rendelkezésre álló erőforrás (kapacitás) nagy hányadát leköti, így az összkapacitás függvényében jut több vagy kevesebb kapacitás a párhuzamosan végrehajtandó 'ingerkiértékelési' (több vagy kevesebb, nagyobb vagy kisebb) műveletek végrehajtására. Hasonlóképpen, a figyelmi szelekció eredményessége a tárolásra (a feladat-releváns séma kiválasztása) lekötött kapacitáson felül a feldolgozás (az irreleváns séma gátlása) számára rendelkezésre álló kapacitás függvényében változhat. Vagyis, az általános munkamemória kapacitásként értelmezhető olvasási terjedelem nagysága alapján magyarázhatók-e a váltási és szelektív figyelmi jelenségek, ezen keresztül áttételesen e jelenségekben tapasztalható csoporteltérések.

### 8.5.1. EREDMÉNYEK

#### 8.5.1.1. IDŐALAPÚ VESZTESÉG MUTATÓK ELEMZÉSE

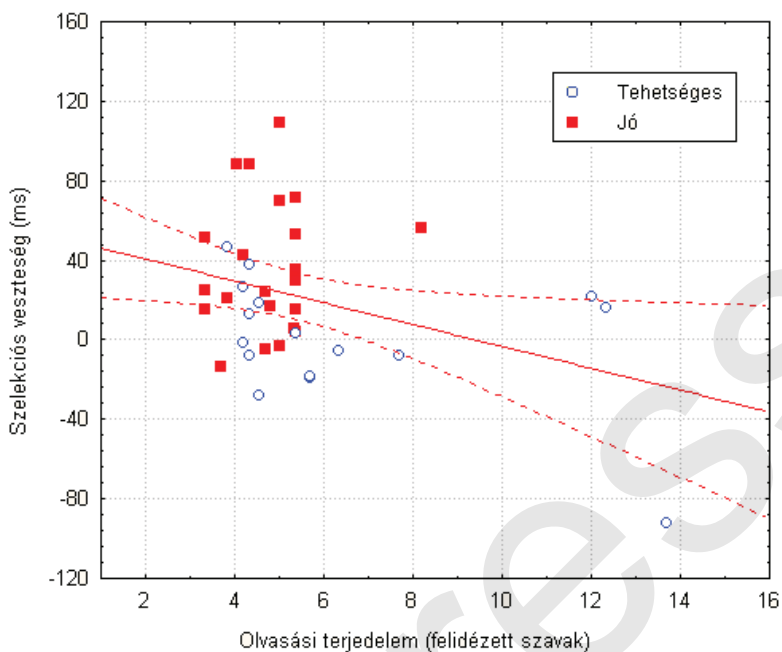
A munkamemória kapacitás jelentőségének tisztázása érdekében kovarianciaanalíziseket végeztünk a két feladat-váltási kísérlet, illetve a zaj-kompatibilitási kísérlet adataira a munkamemória kapacitás mérőszám (Rspan) valamint IQ kovariáns változókkal a Csoport (Tehetséges vs. Jó) csoportosító változó kihagyásával illetve figyelembevételével. Az elemzések a reakcióidő-

ben kifejezett váltási veszteség és szelekciós veszteség mutatókra, mint függőváltozókra irányultak. Mivel az eddigi elemzések alapján megállapítható, hogy a nemi arányok csoportok közötti eltérése nem befolyásolta a Csoportok között kimutatható különbségeket a figyelmi rugalmasság és a figyelmi szelekció, illetve az intelligenciaszint és munkamemória kapacitás vonatkozásában a Nem változót kihagytuk az elemzésből. Tekintve, hogy szoros összefüggés mutatkozott a munkamemória kapacitás és az IQ között, mind a munkamemória kapacitás hatásának, mind pedig a Csoport változó magyarázóerejének vizsgálatakor a Rspan és az IQ változók mellett a Rspan x IQ interakciót is szerepeltettük a modellekben.

A munkamemória kapacitás nagysága az elemzések tanulsága szerint önmagában nem magyarázza meg a kísérletekben megmutatkozó figyelmi váltási és figyelmi szelekciós effektusokat (Rspan:  $p > 0,05$ ). Ez alól egyetlen kivételként a 2. feladatváltási kísérlet szelekciós veszteség mutatójának esetében a munkamemória kapacitás hatása szignifikánsnak bizonyult [ $F(1,36)=5,035$ ;  $p=0,031$ ] azt mutatva, hogy a munkamemória kapacitás egy egységnyi növekedése kb. 5,5 ms csökkenést eredményez a kompatibilitási hatás nagyságában (lásd 32. ábra). Az IQ figyelembevételével azonban a munkamemória kapacitás hatása lényegesen csökken ( $p=0,087$ ), miközben az intelligenciaszint hatása nem jelentős ( $p > 0,05$ ).

Az 20. táblázat mutatja a Csoport változó magyarázóerejének változásait a munkamemória kapacitás (és az IQ) figyelembevételkor a figyelmi váltás és a figyelmi szelekció mutatóinak alakulásaira az 1. és 2. feladatváltás, illetve az Eriksen kísérlet reakcióidő adatainak szempontjából.

Miként a táblázatból látható, a munkamemória kapacitás illetve az általános intelligencia szintjének figyelembevétele nem szünteti meg - noha kis mértékben csökkenti - a Csoport változóban kifejeződő hatás(ok) erejét, illetve nem változtat azon, hogy a figyelmi szelekció hatékonysága szempontjából az Eriksen feladatban nincs csoportkülönbség.



32. ábra. Az olvasási terjedelem és a szelekciós veszteség mutató viszony a 2. feladat-váltás kísérlet alapján a csoporttagság feltüntetésével.

CSOPORT			
	df	F	p
<b>Váltási veszteség</b> (1. váltási kísérlet)		11,448	<b>0,002</b>
<b>Váltási veszteség</b> (2. váltási kísérlet)		4,306	<b>0,046</b>
<b>Szelekciós veszteség</b> (1. váltási kísérlet)	1, 33	4,478	<b>0,036</b>
<b>Szelekciós veszteség</b> (2. váltási kísérlet)		5,922	<b>0,021</b>
<b>Szelekciós veszteség</b> (Eriksen kísérlet)			>0,05

20. táblázat. A Csoport változó hatásának szignifikanciája (p) a reakcióidőben mért váltási és szelekciós veszteség mutatók alakulására a munkamemória kapacitás hatásának kiszűrését követően.

### 8.5.1.2. HIBAARÁNY-ALAPÚ VESZTESÉG MUTATÓK ELEMZÉSE

Hasonló elemzéseket hajtottunk végre a váltási és szelekciós hatékonyság hibaszámokban kifejezett mutatóira.

Az elemzések egyetlen esetben sem (Rspan:  $p > 0,05$  valamennyi számításban) mutatják, hogy a munkamemória kapacitás önmagában vagy az intelligencia szinttel összefüggésben számot tudna adni a hibaarányok alakulásáról.

A munkamemória kapacitás és az IQ figyelembevételével, azaz - ha mégoly kis mértékben is létező - hatásuk kiszűrése után sem változik meg az a korábbi elemzésekben is megmutatkozó eredmény, miszerint a reakciók pontosságának szempontjából nincs különbség a Tehetséges és a Jó csoport között.

### 8.5.2. MEGBESZÉLÉS

Az olvasási terjedelem nagysága alapján nem magyarázható meg a feladat-váltás során mért váltási veszteség mutatók alakulása és a feladat-váltás során és a zaj-kompatibilitási eljárás során mért szelekciós veszteség mutatók alakulása. Ez az eredmény a váltási és szelekciós funkciók illetve a munkamemória kapacitás függetlenségét sejteti. Érdeemes ezen az alapon a munkamemória kapacitást, mint önálló végrehajtói funkciót értékelni.

Az olvasási terjedelem nagysága és az IQ között szignifikáns pozitív együttjárás figyelhető meg, míg a korábbi kísérletek eredményei szerint a váltási és szelekciós veszteség mutatókkal nincs kapcsolatban az IQ. Mindezeket figyelembe véve az a tény, hogy az olvasási terjedelem nagysága alapján csupán az IQ 'közvetítésével' értelmezhető a csoportok közötti (tehetség)különbség azt sejteti, hogy a munkamemória kapacitás, avagy frissítési funkció a matematikai intelligenciából azt képes megmagyarázni, ami sokkal inkább általános érvényű, mint matematika specifikus.

## 8.6. ÖSSZEGZÉS

Vizsgálatunk a matematikai gondolkodásnak vagy matematikai érzéknek az ezen a területen mutatkozó egyéni különbségek, közelebbről a matematikai kiválóság tanulmányozásán keresztüli alaposabb megértésére irányult. Ezt az adottságot - mint az általános emberi intelligencia egy sajátos megnyilvánulási módját - matematikai intelligenciaként próbáltuk körülhatárolni. A matematikai érzéknek/gondolkodásnak a matematikai intelligencia megmutatkozásaként való elgondolása egyfelől lehetővé tette, hogy a matematikai érzéket ne egy, speciális 'matematikai képesség' dominanciájának, 'kifejlettségének' tekintsük, sokkal inkább az általában vett intellektus szerkezetében meghatározható, a matematikai gondolkodásra nézve nem (feltétlenül) specifikus faktorok sajátos mintázataként. Másfelől lehetővé tette, hogy az egyéni különbségeket a matematika területén, azaz a kiváló képességet, éppúgy, mint a 'képtelenséget', ne a 'matematikai képesség' meglétére, vagy dominanciájára illetve hiányára visszavezetve értelmezzük, hanem a matematikai intelligenciában jelentős faktorok részben invariáns, részben változékony aspektusaiként. Saját preferenciáink szempontjából az előbbi, tehát az egyéni tapasztalatoktól kevésbé függő, ha úgy tetszik veleszületett, általánosságban fluidnak nevezhető képességek, faktorok bírnak nagyobb jelentőséggel. Ezen faktorok megértése, illetve a matematikai intelligenciában, teljesítőképességben betöltött szerepük megvilágítása, szükségképpen folyamatorientált megközelítést kíván, melyet az intelligencia elmélete helyett sokkal inkább a megismerő folyamatok funkcionális elméletei és eszköztárai tesznek lehetővé. Vizsgálatunk elsősorban a figyelmi folyamatok, konkrétan a figyelem flexibilis és szelektív aspektusai tanulmányozására irányult a matematikai intelligenciára, különösképpen a matematikai kiválóságra vonatkoztatottan, melyhez a munkamemória elmélete biztosít általános értelmezési keretet.

A vizsgálat első szakaszában matematikában jó, lehetőség szerint kiváló képességű diákok felkutatása és beazonosítása volt a célunk. A korosztály, a helyszín optimális megválasztása illetve a tehetség elmélete és kutatási gyakorlata szerint megválasztott azonosítási eszközök reményeink szerint már eleve/önmagukban biztosítják, hogy valóban kiváló képességekkel rendelkező személyek vegyenek részt a laboratóriumi vizsgálatokban. A vizsgálati csoportok kialakítását ténylegesen meghatározó szelekciós séma azáltal, hogy szelektíven helyez hangsúlyt a vizsgálóeszközökben megragadott tényezőkre, biztosította, hogy a csoportok

közötti kontraszt a vizsgálatunk szempontjából legfontosabb vetületekben, azaz a matematikai és speciális intellektuális képességek szempontjából legyen a lehető legnagyobb. Ezen az alapon jogosan állíthatjuk, hogy miközben mind a vizsgálati, mind pedig a kontroll csoport tagjai az általános értelemben vett értelmességüket, értelmi képességeiket tekintve az átlag felettinek - és egyúttal ebből a szempontból egymáshoz hasonlóknak - mondhatók, addig a matematikai képességek, a matematikai teljesítőképesség szempontjából a Tehetséges csoport lényegesen fölötte áll a Jó csoportnak. Megjegyzendő, azonban hogy tehetségazonosítási eljárásunk nincs tekintettel arra, hogy a matematika iránti érdeklődés annak tartalma szerint is változhat, ennek megfelelően (vagy ettől függetlenül is) eltérő gyakorlottság, eltérő képességprofilok létezhetnek.

A laboratóriumi kísérletek az alapjelenségek szempontjából az elvárásainknak megfelelően alakultak. A váltási hatás szempontjából tekintve elmondható: az első és a második feladat-váltási kísérletben egyaránt markáns váltási veszteség mutatkozik. A figyelem váltása, a rekonfigurációs folyamatok, avagy a sikeres feladatteljesítést biztosító kontrollált feldolgozás jellegzetes nyomot hagynak a váltási reakcióidőben. A váltási veszteség mértéke a váltási előkészületekhez rendelkezésre álló idő függvényében változik, ahogyan ez a két kísérlet váltási veszteség mutatóinak összevetéséből látható. Ugyanez tükröződik abban is, hogy az előkészületi idő csökkenésével a váltást követően a hibázási valószínűség is nő (váltási hatás a hibák szempontjából a 2. kísérletben). A hibaarányok alakulása általában azt is mutatja, hogy a váltási hatás mögött nem a gyorsaság-pontosság felcserélhetőségi hatás áll, ami az elsősorban az időadatokból kiinduló következtetéseink helytállóságát erősíti.

A kompatibilitási hatás a feladat-váltási kísérletekben és a zaj-kompatibilitási kísérletben szintén az elvárásoknak megfelelően alakult. Mindkét eredmény, noha inger- és feladatsajátosságok szempontjából különböző feladatokban azt mutatja, hogy a figyelem fókuszálása, azaz a fontos és a kevésbé fontos információ - legyen a fontosság megítélésekor szempont a fizikai-szemantikai megkülönböztetés, vagy a téri szerveződés - figyelmi 'súlyozása', avagy a sikeres feladatteljesítést biztosító kontrollált feldolgozás szintén jellegzetes nyomot hagynak az inkompatibilis ingerekre adott reakciók idejében.

A reakcióidő adatok alakulása, konkrétan a váltás x kompatibilitás interakció hiánya mindkét feladat-váltási kísérletben azt mutatja, hogy a figyelmi működésnek a váltási hatásban és a

kompatibilitási hatásban tetten érhető megnyilvánulása a kontrollált feldolgozásnak két eltérő módját, aspektusát takarhatja. Ez az eredmény empirikus alátámasztását adhatja a figyelmi rugalmasság - figyelmi szelekció - elsősorban fogalomhasználati hagyományból következő, heurisztikus - megkülönböztetésnek, mely egyébként összhangban van azokkal az eredményekkel (lásd, pl. a már idézett tanulmányt: Miyake és mtsai. (2000)), melyek a végrehajtói kontroll folyamatában különböző, csak részben összefüggő kontroll funkciókat látnak, például független gátlási, frissítési, váltási funkciókat. Ezt az elgondolást erősítheti a regresszió számítások azon eredménye is, miszerint a munkamemória kapacitásbeli eltérések nem képesek számot adni sem a reakcióidőben, sem a hibarányokban megmutatkozó váltási és kompatibilitási hatásról. Ebből az is következik, hogy egy általános munkamemória kapacitás feltételezése helyett a munkamemória kapacitás mutató háttérében is egy önálló végrehajtói funkció létezése valószínűsíthető.

A vizsgálati kérdésünk szempontjából legfontosabb csoport összehasonlítási vizsgálatok azt mutatják, hogy mindkét feladat-váltási kísérletben a váltási hatás nagysága szempontjából kimutatható eltérés van a két csoport teljesítménye között a Tehetséges csoport javára. Hasonlóképpen a feladat-váltási kísérletekben megjelenő kompatibilitási hatás mértékében is jelentős csoportkülönbség figyelhető meg. A Tehetséges csoport fölényét a reakcióidőben mért váltási és szelekciós veszteségekben kihangsúlyozza, hogy sem a hibázások tekintetében, sem pedig általában a válaszok gyorsasága szempontjából nincs jelentős csoportkülönbség egyik váltási kísérletben sem. Az Eriksen-féle zaj-kompatibilitási kísérletben, noha mindkét csoport teljesítményében megjelenik a kompatibilitási hatás, a csoportok közötti eltérés nem jelentős. Miként, azonban erre már fentebb utaltunk, a csoportkülönbségek hiánya a kompatibilitási hatás szempontjából nem feltétlenül arra utal, hogy e tekintetben valójában nincs különbség, hanem sokkal inkább azt sejteti - különösképpen a feladat-váltás kísérletek tanulsága fényében -, hogy a csoport eltérések kimutathatósága a vizsgálati 'körülmények' függvényében változhat. A munkamemória kapacitás szempontjából hasonlóképpen különbség mutatható ki a tehetséges diákok javára, még ha ez az eredmény technikai értelemben inkább csak tendenciaként értelmezendő. A Csoport változóban megragadott hatótényezők magyarázóerejét mutatja, hogy a munkamemória kapacitás kiszűrése után is jelentősnek mutatkoztak a csoportkü-

lönbségek a reakcióidőben kifejezett figyelem váltási és szelekciós mutatók magyarázatában.

Valószínűsíthető, tehát, hogy általában a feldolgozási kontrollt a 'feladat' jellegétől függően különféle, esetleg egy központi kontrolláló struktúrának tulajdonítható ellenőrzőmechanizmusok valósítják meg. Vizsgálatunk alapján a figyelmi váltás, a gátlás (figyelmi szelekció) és a frissítés (munkamemória kapacitás) funkciói mutatkoznak egymástól független mechanizmusoknak. Eredményeink alapján úgy tűnik, hogy azok a matematikai teljesítményt meghatározó képességbéli - feltételezhetően a háttérben álló matematikai képességek különbözőségére visszavezethető - különbségek, melyek alapján a két csoport markánsan különválasztható visszavezethetőek a figyelmi, elsősorban a kontrollált feldolgozásban szerepet játszó folyamatokra, e folyamatok eltérő hatékonyságú működésére. Egyfelől megállapítható, tehát, hogy a figyelmi váltás, a figyelmi szelekció és tendenciaszerűen az emlékezeti frissítés mechanizmusainak, mint a központi végrehajtó vagy általában a feldolgozási kontroll egyes folyamatainak hatékonysága alapján jól magyarázhatók a matematikai intelligencia területén tapasztalható egyéni különbségek. Eredményeink, másfelől lehetővé teszik a matematikai intelligencia, mint fenomenológiai (a pszichológiai, vagy viselkedési jelenségek szintjén érvényes (lásd, pl. pszichometrikus intelligenciamodell)) konstrukció megalapozását, azaz az intellektuális képességek rendszerében, az intelligencia struktúrájában történő elhelyezését azáltal, hogy alacsony szintű, mintegy alulról-fölfelé építkező meghatározást/leírást biztosít. Kérdéses azonban, hogy ez a leírás mennyiben tekinthető matematika-specifikusnak, vagyis a matematikai intelligenciára, mint intelligencia struktúrára, vagy az intelligencia struktúráját alkotó elemek egy sajátos mintázatára nézve kizárólagosan érvényesnek. Vizsgálatunkban kísérletet tettünk arra, hogy a reakcióidő illetve hiba alapú teljesítményindexeket az általános intelligenciával ( $g$ ), vagy a fluid intelligencia mérőszámával hozzuk összefüggésbe. Az elemzések azt mutatják, hogy az eredmények alakulására (mind reakcióidő, mind hibaarány szempontjából) jobb magyarázat lehetséges a csoportváltozóban megragadott hatótényező(k), mint az IQ alapján a figyelmi váltás és a figyelmi szelekció esetén egyaránt. Indirekt módon ezt a következtetést támasztja alá az is, hogy a mentális sebességként értelmezett intelligencia nem csoportfüggő (egyik kísérletben sincs csoportkülönbség általában a válaszütemben), illetve, hogy a feldolgozási-fenntartási (munkamemória) kapacitásként értelmezett intelligencia figyelembevétel nem szünteti meg a csoport-

különbségeket (kovarianciaanalízisek a váltási és szelekciós mutatókra a Rspan mutatóval). Egyedül a munkamemória kapacitás és az IQ szoros kapcsolata mutatható ki, illetve, hogy az IQ figyelembevételével megszűnik az egyébként is csupán tendenciaszerű csoportkülönbség a munkamemória kapacitás nagyságában. Nem tagadható, azonban, hogy az intelligencia szint lehet némi befolyással a teljesítmény mutatók alakulására. Ha bár jelentős a különbség a két csoport tagjainak intelligenciaszintjében, a csoportok átlagos intelligenciája jelentősen az átlag szint fölött van. Valójában csupán három diák IQ-ja esik az átlagos övezetbe, és a diákok 65 %-ának intelligenciaszintje a 132-160 IQ tartományban, tehát 7 nyerspontnyi távolságon belüli található. Mindez annak ellenére alakult így, hogy az IQ nem szerepelt a szelekciós szempontok között. Az átlagosan is magas intelligenciaszintre tekintettel a teljesítmény IQ függése nem vizsgálható a maga teljességében. Következtetésünk helyességét áttételesen az IQ és a végrehajtoi működések összefüggését közvetlenül elemző vizsgálatok igazolhatják, mely szerint (lásd Czigler és mtsai, 2001) az intelligencia szint alapján megkülönböztetett csoportok között nem mutatható ki különbség a figyelmi váltás hatékonyságának mérőszámaiban (Rt, Hiba), ugyanakkor általában a reakcióidők sebességét tekintve kimutatható az intelligens csoport fölénye. Meglehet, az intelligenciaszint a reakciók alapsebességére a mi vizsgálati csoportjainkban is hatással volt, mégis magas intelligenciaövezetben csoportok közötti különbség nem mutatható ki. Továbbá nem tagadható a munkamemória kapacitás jelentősége sem. Ha figyelembe vesszük az IQ és az olvasási terjedelem mutató szoros kapcsolatát, akkor a munkamemória kapacitás (váltási és szelekciós) teljesítményt meghatározó jelentőségére a fentebb az IQ-ról mondottak éppúgy érvényesek. Ezen kívül az egyidejű tárolói és feldolgozási kapacitás nagyságának fontossága annál nagyobb lehet, minél nagyobb a teljesítendő feladat emlékezeti (és/vagy feldolgozó) terhelése, ahogyan ez megfigyelhető abban, hogy az olvasási terjedelem mutató önmagában vett magyarázóereje a szelekciós veszteség alakulására megnő a váltási feladat módosításakor (2. kísérlet), azaz a figyelembe veendő, észben tartandó feladat-szabályok számának emelkedésekor.

Összefoglalva, eredményeink alapján megállapítható, hogy a végrehajtoi szabályozás figyelem váltási és szelekciós aspektusai egymástól független folyamatokat takarhatnak. Továbbá az általános munkamemória kapacitás feltételezésével nem lehetséges maradéktalanul számot adni a váltási és szelekciós figyelmi jelenségekről. Mindezek sokkal inkább összhangban vannak azzal

a feltételezéssel, hogy a váltási és a szelekciós jelenségek mögött és a munkamemória kapacitás mögött egymástól független hatótényezők állhatnak. E feltételezés számára koherens értelmezési keretet nyújt a munkamemória rendszer kontrolláló, szabályozó működését egymástól független figyelem váltási, figyelmi szelekciós (gátlási) és frissítési és koordinációs mechanizmusok feltételezésével leíró összetett, többtényezős központi végrehajtó elképzelés.

Megállapítható másodsor, hogy a matematikai intelligencia leginkább a figyelmi váltás, és a figyelmi szelekciós (gátlási) kontroll funkcióval hozható kapcsolatba, a munkamemória kapacitás nagyságával, illetve a frissítési funkcióval csupán az általános intelligencia közvetítése révén.

Megállapítható harmadszor, hogy az általános intelligencia, vagy  $g$  egyedül azzal az elemi szintű folyamattal hozható kapcsolatba, mely a munkamemória kapacitás mérésére szolgáló eljárásban ragadható meg, azaz a frissítésnek nevezett kontroll funkcióval, a figyelem váltási és figyelmi szelekciós kontroll-funkciókkal kevésbé.

Következtetésképpen úgy tűnik, hogy a matematikai intelligencia nem redukálható az általános intelligenciára, sokkal inkább az intellektuális képességek (az intelligencia faktorai), egy sajátos mintázatának tekinthető, ahol maguk a képességek is (legelső sorban is a fluid képességek) az elemi szintű folyamatok, kiváltképp a kontrollban, ellenőrzésben, szabályozásban szerepet játszó folyamatok sajátos mintázataként értelmezhetők.

A hipotéziseink alapján a következőképpen összegezhetők az eredmények:

A *feladat-váltás* eljárások keretében mérhető *váltási veszteség* mutatók mértékében jelentős *különbség* figyelhető meg a matematikai tehetség 'nagysága' szerint kialakított *csoportok között* a tehetséges személyek csoportja javára. A 4. hipotézis igazolást nyert.

A *feladat-váltás* eljárások keretében mérhető *szelekciós veszteség* mutatók mértékében jelentős *különbség* figyelhető meg matematikai tehetség 'nagysága' szerint kialakított *csoportok között* a tehetséges személyek csoportja javára. Az 5. hipotézis igazolást nyert.

A *zaj-kompatibilitási* eljárás keretében mérhető *szelekciós veszteség* mutató mértékében a matematikai tehetség 'nagysága'

szerint kialakított csoportok között nincs jelentős különbség. A 6. hipotézis nem nyert igazolást.

Az emlékezeti frissítés mutatóként értelmezett *olvasási terjedelem* nagyságában a matematikai tehetség 'nagysága' szerint kialakított csoportok között jelentős különbség figyelhető meg a tehetséges személyek csoportja javára, ugyanakkor adataink alapján e különbség nem megbízható. A 7. hipotézis így nem nyert igazolást.

A *Hibaadatok* esetén egyik kísérletben sem mutatható ki különbség a matematikai tehetség 'nagysága' szerint kialakított csoportok között, a 8. hipotézis igazolást nyert, így a reakcióidő adatok alapján ellenőrzött hipotézisekben (4., 5. és 6. hipotézis) megfogalmazottak megbízhatóan állíthatók.

Az 4. és 8. hipotézis beigazolódása mellett, tehát állíthatjuk, hogy a matematikai tehetség 'nagysága' szerint kialakított csoportok között jelentős különbség van a *figyelmi váltás*, mint végrehajtoi kontroll funkció működésének hatékonysága szerint. A 3.A hipotézis igazolást nyert.

Az 5. és 8. hipotézisek beigazolódása alapján, annak ellenére, hogy a 6. hipotézist el kellett utasítani a korábban említett megfontolások figyelembevételével állíthatjuk, hogy a matematikai tehetség 'nagysága' szerint kialakított csoportok között jelentős különbség van a *figyelmi szelekció*, mint végrehajtoi kontroll funkció működésének hatékonysága szerint, noha a csoportkülönbségek kimutathatósága a feladatok nehézségének függvényében változhat. Így a 3.B hipotézis is igazoltnak tekinthetjük.

A 7. hipotézis elutasítása, tehát az olvasási terjedelem mutató alapján kimutatott, de nem megbízható csoportkülönbség azt jelenti, hogy a matematikai tehetség szerinti eltérések nem járnak együtt az emlékezeti *frissítés* funkció hatékonyságával, vagy *frissítési kapacitás* nagyságával, azaz a 3.C hipotézis sem nyert igazolást.

A 3.A és a 3.B hipotézisek helytállósága alapján, annak ellenére, hogy a 3.C hipotézist elvetettük állíthatjuk, hogy a matematikai intelligencia területén megfigyelhető egyéni különbségek magyarázhatók a központi végrehajtoi ellenőrző, kontrolláló működése, elsősorban a figyelmi váltás és a figyelmi szelekció kontrollfunkciók eltérő hatékonysága szerint.

A *váltási veszteség* mutatók nagyságának alakulása a két feladat-váltási kísérlet alapján nincs összefüggésben az *olvasási terjedelem* nagyságával, így a 10.A hipotézist elfogadhatjuk. Hasonlóképpen a *szelekciós veszteség* mutató sem függ az *olvasási terjedelem* nagyságától az 1. feladat-váltási kísérlet és a zajkompatibilitási kísérlet adatai alapján, ellenben a 2. feladat-

váltási kísérletben szignifikáns lineáris összefüggés mutatkozik a szelekciós veszteség és az olvasási terjedelem mutatók között. Így a 11.B hipotézist és részben a 11.A hipotézist is igazoltnak tekinthetjük. Figyelembe véve, hogy a *csoportkülönbségek* a *váltási veszteség* mutatókban, illetve a *szelekciós veszteség* mutatókban mindkét feladat-váltási kísérlet adatai alapján, jelentősnek mutatkoznak a munkamemória kapacitás hatásának kiszűrését követően is, a 10.A.B és a 11.A.B hipotézisek beigazolódtak. A 11.B.B hipotézis elutasítható, hiszen a *zaj-kompatibilitási* feladatban mért *szelekciós veszteség* mutatóban önmagában (6. hipotézis) és a *munkamemória kapacitás* figyelembevételével sincs csoportkülönbség. Mindezek alapján megállapítható, hogy a *munkamemória kapacitás* alapján nem magyarázható a *figyelmi váltás* és a *szelektív figyelem* hatékonysága, azaz a 8.A és a 8.B hipotéziseket igazoltnak tekintjük. A 8.A és a 8.B hipotézisek helytállóságát nem gyengíti az a tény, hogy elutasítottuk a 11.B.B hipotézist, illetve részben a 11.A hipotézist is, ha figyelembe vesszük a megbeszélések során említett, a feladatok eltérő nehézségére hivatkozó érveket.

A *váltási veszteség* mutató nagysága egyik feladat-váltási kísérletben sincs kapcsolatban az *IQ* nagyságával és az intelligencia szint hatásának kiszűrése után is jelentős marad a két *csoport különbsége*. Hasonlóképpen a *szelekciós veszteség* mutató alakulása sem magyarázható az *intelligencia szint* alapján, sem a feladat-váltás két kísérletében, sem a *zaj-kompatibilitási* feladatban. A *szelekciós veszteségben* kimutatható *csoportkülönbségek* az *IQ* hatásának kiszűrése után is jelentős maradt a *feladat-váltási* kísérletek adatai alapján, míg a *zaj-kompatibilitási* kísérletben az *IQ* figyelmen kívül hagyása esetén sincs csoportkülönbség (6. hipotézis). Mindezek alapján a 12.A, a 13.A és a 13.B hipotézisek beigazolódtak, hasonlóképpen a 12.A.B és a 13.A.B hipotézisek is, míg a 13.B.B hipotézist elvetettük. Az *olvasási terjedelem* nagysága szignifikáns lineáris kapcsolatban van az *IQ*-val, így a 14.A hipotézist el kell utasítani. A csupán tendenciaként értelmezhető *csoportkülönbség* az olvasási terjedelem mutatóban az *IQ* hatásának kiszűrése után eltűnik, így a 14.A.B hipotézist is elutasítjuk. Mindezek alapján megállapítható, hogy az *általános intelligencia* szintje alapján nem magyarázható a *figyelmi váltás* és a *szelektív figyelem* hatékonysága, azaz a 9.A és a 9.B hipotéziseket igazoltnak tekintjük. Az *emlékezeti frissítés*, mint kontrollfunkció azonban az adataink alapján szoros kapcsolatban van az *intelligencia-szinttel*, így a 9.C hipotézist elutasítjuk.

A 8.A, 8.B és a 9.A, 9.B hipotézisek helytállósága alapján, azaz azáltal, hogy a figyelmi váltás és a figyelmi szelekció függetlennek mutatkozik a munkamemória kapacitástól és az intelligencia szinttől, megállapíthatjuk, hogy a matematikai tehetség 'nagysága' alapján kialakított csoportok különbsége a váltási és szelekciós kontrollfunkciók hatékonysága szerint (3.A és 3.B hipotézisek) *érvényesnek* bizonyult. Másképpen fogalmazva, egyfelől a csoportkülönbségek a váltási és szelekciós kontrollfolyamatok hatékonysága alapján magyarázhatóak, ellenben a munkamemória kapacitás alapján nem, másfelől amit a kontrollfolyamatok hatékonyságával kapcsolatba hozunk az a matematikai intelligencia, mint komplex konstruktum, és nem az általános intelligencia, mint e konstruktum összetevőinek közös nevezője. A 9.C hipotézis elutasítása, vagyis a munkamemória kapacitás, avagy frissítési kontrollfolyamat és az intelligencia szint több oldalról is alátámasztható összefüggése nem gyengíti a fentebbi következtetésünket. A munkamemória kapacitás és az IQ kapcsolata, amellet, hogy sem az IQ önmagában, sem a munkamemória kapacitás önmagában nem magyarázza a váltási és szelekciós veszteség mutatók alakulását, illetve egyikük jelenlétében sem tűnik el a csoport változóban megragadott hatótényező(k) magyarázóereje csak úgy értelmezhető, ha több, független, egymással csak részben összefüggő hatótényezők együttesében gondolkodunk. Vagyis, ha a 10.A, a 11.B és részben a 11.A hipotézisek, áttételesen pedig a 10.A.B és a 10.A.B hipotézisek alapján elfogadjuk a 15. hipotézisünket, azaz, hogy a központi végrehajtnak tulajdonított ellenőrző, szabályozó működések több független kontrollfunkciót takarnak: nevezetesen figyelmi váltás, figyelmi szelekció és emlékezeti frissítés.

Mindezeket együttesen figyelembe véve a 2. és 1. hipotézisünkre tekintettel megállapítható, hogy a matematikai intelligencia esetén jelentkező *egyéni különbségek* (legalább részben) a munkamemória központi végrehajtó komponensének tulajdonított ellenőrző, kontrolláló működések, avagy a *végrehajtoi kontroll funkciók hatékonyság*beli eltéréseire vezethetők vissza. Így a *matematikai intelligenciában* döntő jelentősége van egyebek mellett a munkamemória központi végrehajtó komponensének tulajdonított ellenőrző, kontrolláló működéseknek, avagy a *végrehajtoi kontroll funkcióknak*.

## 9. ÖSSZEFOGLALÁS

A dolgozat témája a matematikai intelligencia és a munkamemória összefüggése.

Az elméleti rész első szakasza kritikai áttekintést nyújt az intelligenciáról alkotott pszichológiai elméletek főbb téziseiről és kritikus kérdéseiről. Ezt követően a matematikai gondolkodás legfontosabb sajátosságainak bemutatásával lehetőséget keres arra, hogy egyfelől a matematikai gondolkodás, másfelől a matematikai kiválóság, mint matematikai intelligencia váljék értelmezhetővé.

Az elméleti áttekintés második szakasza a munkamemória fogalmának körülírását célozza. Bemutatja a munkamemória különféle, alapvetően a módszertanok eltérésein alapuló szemléletmódjait és körvonalazza a munkamemória elméletét, mint a különféle munkamemória modellek közös pontjai alapján megragadható alapvető téziseket. Továbbá az automatikus-kontrollált információ feldolgozás megkülönböztetés segítségével a munkamemória elmélet történeti beágyazására keres lehetőséget.

A munkamemória Baddeley nevéhez kötött, legelterjedtebb modelljének ismertetését követően a központi végrehajtó, mint a munkamemória szabályozó, kontrolláló funkciót ellátó figyelmi alrendszer problematikája kerül bemutatásra. Ennek során részletesebben ismertetjük a szabályozás figyelmi aspektusainak (szelektív figyelem, figyelmi váltás) vizsgálatára kidolgozott vizsgálóeljárásokat, úgymint Stroop és feladat-váltás paradigmákat, illetve a jelenségek értelmezése körüli alternatív magyarázatok vitáit.

Végezetül áttekintjük azokat az empirikus vizsgálatokat, melyek a munkamemória és az intelligencia, illetve a munkamemória és matematikai gondolkodás, közelebbről a mentális aritmetika lehetséges összefüggéseire irányulnak.

A dolgozat empirikus részében bemutatjuk vizsgálatainkat, melyek a matematikai intelligencia munkamemória kiindulású értelmezésére keresnek lehetőséget, azáltal, hogy a matematikai kiválóságot a központi végrehajtó ellenőrző, szabályozó működésének hatékonyságára próbálják meg visszavezetni.

112 13-14 éves, középiskolás diák mintáján a Renzulli-féle tehetségmodell alapján megválogatott eszközökkel ellenőriztük a diákok általános intellektuális (Raven intelligencia teszt) és speciális, matematikai képességeit (matematika verseny feladatsor), kreativitását (Torrance-teszt) és iskolai motivációját (Kozéki-Entwistle-féle kérdőív), illetve figyelembe vettük a diákok matematikában nyújtott iskolai teljesítményét (tanári vélemény, ér-

demjegy). A diákok tehetséges (N=16) és jó képességű (N=22) csoportja lett elkülönítve egy, a vizsgálóeszközökben mutatott teljesítményüket súlyozottan figyelembe vevő kiválasztási séma segítségével.

A két csoport komputerizált reakcióidő kísérletekben vett részt. A figyelmi rugalmasságot a feladat-váltás eljárás érték-mennyiség változatának két, elrendezéseik alapján (időparaméterek, inger-válasz elrendezés, szekvencia hosszúság) eltérő nehézségű kísérletében vizsgáltuk. A figyelmi szelekció vizsgálatára a feladat-váltás eljárás mellett az Eriksen-féle zaj-kompatibilitási feladat színdiszkriminációs változatát is használtuk. Mindhárom kísérletben reakcióidő és hibaarány átlagok mellett a válaszok reakcióideje és pontossága alapján meghatározható teljesítménymutatók (váltási veszteség, szelekciós veszteség) szolgáltak alapul a csoportok összehasonlításához. Negyedik vizsgálatunkban az olvasási terjedelem teszt segítségével határoztuk meg a személyek munkamemória kapacitását, úgy is, mint (emlékezeti) frissítési kapacitást és végeztünk csoport-összehasonlításokat.

Valamennyi vizsgálatban a Raven teszt alapján számított intelligenciahányados figyelembevételével megkíséreltük az intelligenciaszint torzító hatásait kiküszöbölni, illetve a veszteségmutatókban megfigyelhető csoportkülönbségeket a munkamemória kapacitás figyelembevételével árnyalni.

A reakcióidő elemzés eredményi szerint markáns alap effektusok (váltási hatás, kompatibilitási hatás) figyelhetők meg a kísérletekben. A csoport összehasonlítások a tehetséges csoport jelentős fölényét állapítják meg a váltási hatás nagyságában mindkét feladat-váltási kísérletben az intelligencia szint és a munkamemória kapacitás hatásainak kiszűrését követően is, míg a kompatibilitási hatás szempontjából csak a feladat-váltás eljárásokban mutatkozik jelentős csoportkülönbség, a zaj-kompatibilitási feladatban nem. A hibaelemzések azt mutatják, hogy - mivel egyik kísérletben sem utal semmi a gyorsaság-pontosság felcserélhetőségi hatásra - nincs okunk kételkedni a csoportkülönbségekkel kapcsolatos eredmények megbízhatóságát illetően.

Csupán tendenciaként értelmezhető különbség mutatkozik meg a két csoport munkamemória kapacitásának nagyságában, mely erős összefüggésben van az általános intelligencia szintjével.

Mindezek alapján megállapítható, hogy a matematikai tehetség, részben legalábbis a központi végrehajtó ellenőrző, szabályozó működésének hatékonyságával összefüggő egyéni kü-

lönbségeket tükröz. Az információ feldolgozás figyelmi kontroll folyamatai, úgymint figyelmi szelekció, figyelmi váltás hatékonysága, illetve kisebb mértékben az emlékezeti frissítési kapacitás nagysága oki meghatározóként mutatkozik a matematikával összefüggő egyéni (teljesítőképeségbeli) különbségekben, és a matematikai intelligencia, mint képesség együttes összetevőjeként értelmezhető.

Megállapítható ezen kívül, hogy a központi végrehajtó kontrolláló, szabályozó működése több, függetlennek tűnő szabályozó mechanizmusban ölt testet.

DUPress

## IRODALOMJEGYZÉK

- Allport, A. (1993) Attention and control: Have we been asking the wrong questions? A critical review of twenty-five years. In Meyer, D. E., Kornblum, S. (eds.) *Attention and Performance XIV: Synergies in experimental psychology, artificial intelligence and cognitive neuroscience*. 183-218. MIT Press. Cambridge.
- Allport, A., Styles, E. A., Hsieh, S. (1994) Shifting intentional set: Exploring the dynamic control of tasks. In Umiltá, C., Moscovitch, M. (eds.) *Attention and Performance XV*. 421-452. MIT Press, Cambridge.
- Allport, A., Wylie, G. (2000) Task switching, stimulus-response bindings, and negative priming. In Monsel, S., Driver, J. (eds.) *Attention and Performance XVIII: Control of cognitive processes*. 35-70. MIT Press. Cambridge.
- Anderson, M. (1992/1998) *Intelligencia és fejlődés. Egy kognitív elmélet*. Kulturtrade, Budapest.
- Ashcraft, M. H., Kirk, E. P. (2001) The relationships among working memory, math anxiety, and performance. *Journal of Experimental Psychology: General*, 130, 224-237.
- Ashcraft, M. H. (1992) Cognitive arithmetic: A review of data and theory, *Cognition*, 44, 75-106.
- Ashcraft, M. H. (1995) Cognitive psychology and simple arithmetic: A review and summary of new directions. *Mathematical Cognition*, 1, 3-34.
- Ashcraft, M. H., Kirk, E. P., Hopko, D. (1998) On the cognitive consequence of mathematics anxiety. In Donlan, C. (ed.) *The development of mathematical skills*. 175-196. Psychology Press, Hove.
- Atkinson, R. C., Shiffrin, R. M. (1968) Human memory: A proposed system and its control processes. In Spencer, K. W., Spencer, J. T. (eds.) *The psychology of learning and motivation: advances in research and theory*. Vol. 2. 89-195. Academic Press. New York.
- Baddeley, A. (1986) *Working memory*. Oxford University Press. Oxford.
- Baddeley, A. (1981/1990) A munkamemória fogalma: Az elmélet jelenlegi helyzetének és a továbbfejlesztés esélyeinek áttekin-

- tése. In Kónya A. (ed.) *Az emberi emlékezet pszichológiai elméletei. Szöveggyűjtemény.* 239-248. Tankönyvkiadó, Budapest.
- Baddeley, A. (1996a) Exploring the central executive. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 49A, 5-28.
- Baddeley, A. (1996b) The fractionation of working memory. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 93, 13468-13472.
- Baddeley, A. (1997/2001) *Az emberi emlékezet.* Osiris, Budapest.
- Baddeley, A. (2000) The episodic buffer: a new component of working memory? *Trends in Cognitive Sciences*, 4, 417-423.
- Baddeley, A., Chincotta, D., Adlam, A. (2001) Working memory and the control of action: Evidence from task switching. *Journal of Experimental Psychology: General*, 130, 641-657.
- Baddeley, A., Della Sala, S., Gray, C., Papagano, C., Spinnler, H. (1997) Testing central executive functioning with a pencil-and-paper test. In Rabbit, P. (ed.) *Methodology of frontal and executive function.* 61-80. Psychology Press, Hove.
- Baddeley, A., Emsile, H., Kolodny, J., Duncan, J. (1998) Random generation and the executive control of working memory. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 51A, 819-852.
- Baddeley, A., Hitch. G. (1974) Working memory. In Bower, G. A. (ed.) *Recent advances in learning and motivation.* Vol. 8. Academic Press, New York.
- Baddeley, A., Logie, R. H. (1999) Working memory: The multiple component model. In Miyake, A., Shah, P. (eds.) *Models of working memory. Mechanisms of active maintenance and executive control.* 28-61. Cambridge University Press, Cambridge.
- Barkóczi I., Zétényi T. (1981) A kreativitás vizsgálata. *Pszichológiai tanácsadás a pályaválasztásban. Módszertani füzetek 2.* Országos Pedagógiai Intézet, Budapest.
- Berg (1948) A simple objective technique for measuring flexibility in thinking. *Journal of General Psychology*, 39, 15-22.
- Berry, J. V., Irvine, S. H. (1986) Bricolage: savages do it dealy. In Sternberg, R. J., Wagner, R. K. (eds.) *Practical intelligence: Nature and origins of competence in the everyday world.* 271-306. Cambridge University Press, New York.

- Bickley, P. G., Keith, T. Z., Wolfle, L. M. (1995) The three-stratum theory of cognitive abilities: Test of the structure of intelligence across the life span. *Intelligence*, 20, 309-328.
- Bollen, K. A. (2002) Latent variables in psychology and the social sciences. *Annual Review of Psychology*. 605-634.
- Bóta M. (2002) Tehetséges tanulók énképének vizsgálata a családi háttér függvényében. In Bóta M., Dávid I., Páskuné Kiss J. *Tehetségkutatás*. 109-218. Kossuth Egyetemi Kiadó, Debrecen.
- Broadbent, D. E. (1982/1988) Feladatkombináció és szelektív információbefogadás. In Barkóczy I. (ed.) *Figyelem. Szöveggyűjtemény*. 162-192. Tankönyvkiadó, Budapest.
- Bucik, V., Neubauer, A.C. (1996) Bimodality in the Berlin model of intelligence structure (BIS): A replication study. *Personality and Individual Differences*, 21, 987-1005.
- Bull, R., Johnston, R. S. (1997) Children's arithmetical difficulties: Contributions from processing speed, item identification, and short-term memory. *Journal of Experimental Child Psychology*, 65, 1-24.
- Bull, R., Johnston, R. S., Roy, J. A. (1999) Exploring the roles of the visuo-spatial sketch pad and central executive in children's arithmetical skills: Views from cognition and developmental neuropsychology. *Developmental Neuropsychology*, 15, 421-442.
- Bull, R., Scerif, G. (2001) Executive functioning as a predictor of children's mathematics ability: Inhibition, switching, and working memory. *Developmental Neuropsychology*, 19, 273-293.
- Burgess, P. W. (1997) Theory and methodology in executive function research. In Rabbit, P. (ed.) *Methodology of frontal and executive function*. 81-116. Psychology Press, Hove.
- Callahan, C. M. (2000) Intelligence and giftedness. In Sternberg, R. J. (ed.) *Handbook of intelligence*. 159-175. Cambridge University Press, Cambridge.
- Campbell, J. I. D. (1994) Architectures for numerical cognition. *Cognition*, 53, 1-44.
- Carpenter, P. A., Just, M. A., Shell, P. (1990) What one intelligence test measures: A theoretical account of the processing in the

- Raven Progressive Matrices Test. *Psychological Review*, 97, 404-432.
- Carraher, T. N., Carraher, D., Schliemann, A. D. (1985) Mathematics in the streets and in the schools. *British Journal of Developmental Psychology*, 3, 21-29.
- Carroll, J. B. (1993) *Human cognitive abilities: A survey of factor-analytic studies*. Cambridge University Press, New York.
- Carroll, J. B. (1996/1998) Matematikai képességek: A faktoranalitikus módszer néhány eredménye. In Sternberg, R. J., Ben-Zeev, T. (eds.) *A matematikai gondolkodás természete*. 15-37. Kulturtrade, Budapest.
- Case, R., Kurland, M. D., Goldberg, J. (1982) Operational efficiency and the growth of short-term memory span. *Journal of Experimental Child Psychology*, 33, 386-404.
- Cattell, R. B. (1963) Theory of fluid and crystallized intelligence: A critical experiment. *Journal of Educational Psychology*, 54, 1-22.
- Ceci, S. J., Roazzi, A. (1994) The effects of context on cognition: Postcards from Brasil. In Sternberg, R. J., Wagner, R. K. (ed.) *Minds in context: Interactionist perspectives on human intelligence*. 74-103. Cambridge University Press, New York.
- Cheng, P. W. (1985) Restructuring versus automaticity: Alternative accounts of skill acquisition. *Psychological Review*, 92, 414-423.
- Colette, F., Van der Linden, M. (2002) Brain imaging of the central executive component of working memory. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 26, 105-125.
- Conway, A. R. A., Cowan, N., Bunting, M. F., Theriault, D. J., Minkoff, S. R. B. (2002) A latent variable analysis of working memory capacity, short-term memory capacity, processing speed, and general fluid intelligence. *Intelligence*, 30, 163-183.
- Conway, A. R. A., Kane, M. J., Engle, M. J. (1999) Is Spearman's *g* determined by speed or working memory capacity? Book review of Jensen on intelligence-g-factor. *PSYCOLOQUY*, 10 (74).
- <http://cogsci.soton.ac.uk/cgi/psyc/newpsy?10.074>
- Cowan, N. (1999) An embedded-processes model of working memory. In Miyake, A., Shah, P. (eds.) *Models of working*

- memory. Mechanisms of active maintenance and executive control.* 62-101. Cambridge University Press, Cambridge.
- Cowan, N. (2003) Measuring working memory capacity. Előadás az MTA Pszichológiai Intézetének szervezésében.
- Crinella, F. M., Yu, J. (1999) Brain mechanism and intelligence. Psychometric *g* and executive function. *Intelligence*, 27, 299-327.
- Cronbach, L. J. (1957) The two disciplines of scientific psychology. *American Psychologist*, 12, 671-684.
- <http://psychclassics.yorku.ca/Cronbach/Disciplines/>
- Csibra G. (1997) Kognitív ellenforradalom vagy tudományos forradalom? In Pléh Cs. (ed.) *A megismeréskutatás egy új útja: A párhuzamos feldolgozás.* 327-346. Typotex, Budapest.
- Czigler I. (1994) *Figyelem.* Scientia Humana, Budapest.
- Czigler I. (2001) *Figyelem és Percepció.* Kossuth Egyetemi Kiadó, Debrecen.
- Czigler I. (2003) *Pszichofiziológia: Megismerés és Aktiváció.* Kossuth Egyetemi Kiadó, Debrecen.
- Czigler I., Horváth J., Balázs L., Weisz, J. (2001) Nem verbális absztrakció és központi végrehajtó működés. In Pléh Cs., László J., Oláh A. (eds.) *Tanulás, Kezdeményezés, Alkotás.* 175-186. Eötvös Kiadó, ELTE, Budapest.
- Crinella, F. M., Yu, J. (1999) Brain mechanisms and intelligence. Psychometric *g* and executive function. *Intelligence*, 27, 299-327.
- Daneman, M., Carpenter, P. A. (1980) Individual differences in working memory and reading. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 19, 450-466.
- Dark, V. J. Benbow, C. P. (1993) Cognitive differences among the gifted: A review and new data. In Dettermann, D. K. (ed.) *Current Topics in Human Intelligence. Vol. 3. Individual Differences and Cognition.* 85-120. Ablex, Norwood.
- Davidson, J. E., Downing, C. L. (2000) Contemporary models of intelligence. In Sternberg, R. J. (ed.) *Handbook of intelligence.* 34-49. Cambridge University Press, Cambridge.

- De Jong, R. (2000) An intention-activation account of residual switch costs. In Monsel, S., Driver, J. (eds.) *Attention and Performance XVIII: Control of cognitive processes*. 357-376. MIT Press. Cambridge.
- De Rammelaere, S., Stuyven, E., Vandierendonck, A. (1999) The contribution of working memory resources in the verification of simple mental arithmetic sums. *Psychological Research*, 62, 72-77.
- De Rammelaere, S., Stuyven, E., Vandierendonck, A. (2001) Verifying simple arithmetic sums and products: Are the phonological loop and the central executive involved? *Memory & Cognition*, 29, 267-273.
- Deary, I. J., Caryl, P. G. (1993) Intelligence, EEG, and evoked potentials. In Vernon, P. A. (ed.) *Biological Approaches to the Study of Human Intelligence*. 259-316. Ablex, Norwood.
- Dehaene, S. (1992) Varieties of numerical abilities. *Cognition*, 44, 1-42.
- Dehaene, S. (1997/2003) *A számérzék. Miként alkotja meg az elme a matematikát*. Osiris, Budapest.
- Dehaene, S., Cohen, L. (1995) Towards an anatomical and functional model of number processing. *Mathematical Cognition*, 1, 83-120.
- Dreyfus, T., Eisenberg, T. (1996/1998) A matematikai gondolkodás különböző oldalairól. In Sternberg, R. J., Ben-Zeev, T. (eds.) *A matematikai gondolkodás természete*. 249-278. Kulturtrade, Budapest.
- Embretson, S. E., Schmidt McCollam, K. M. (2000) Psychometric Approaches to understanding and measuring intelligence. In Sternberg, R. J. (ed.) *Handbook of intelligence*. 423-445. Cambridge University Press, Cambridge.
- Emerson, M. J., Miyake, A. (2003) The role of inner speech in task switching: A dual-task investigation. *Journal of Memory and Language*, 48, 148-168.
- Engle, R. W., Kane, M. J., Tuholski, S. W. (1999) Individual differences in working memory capacity and what they tell us about controlled attention, general fluid intelligence, and functions of the prefrontal cortex. In Miyake, A., Shah, P. (eds.) *Models of working memory. Mechanisms of active maintenance and executive control*. 102-134. Cambridge University Press, Cambridge.

- Engle, R. W., Tuholski, S. W., Laughlin, J. E., Conway, A. R. A. (1999) Working memory, short-term memory, and general fluid intelligence: A latent-variable approach. *Journal of Experimental Psychology: General*, 128, 309-331.
- Epelboim, J., Suppes, P. (2001) A model of eye movements and visual working memory during problem solving in geometry. *Vision Research*, 41, 1561-1574.
- Eriksen, C. W. (1995) The flanker task and response competition: A useful tool for investigating a variety of cognitive problems. *Visual Cognition*, 2, 101-118.
- Eysenck, H. J. (1993) The biological basis of intelligence. In Vernon, P. A. (ed.) *Biological Approaches to the Study of Human Intelligence*. 1-32. Ablex, Norwood.
- Eysenck, M. W., Keane, M. T. (1990/1997) *Kognitív Pszichológia. Hallgatói kézikönyv. Nemzeti Tankönyvkiadó*. Budapest.
- Faust, M. W., Aschcraft, M. H., Fleck, D. E. (1996) Mathematics anxiety effects in simple and complex addition. *Mathematical Cognition*, 2 25-62.
- Foster, W. (1981) Leadership: A conceptual framework for recognizing and educating. *Gifted Child Quarterly*, 25, 17-25.
- Fürst, A. J., Hitch, G. J. (2000) Separate roles for executive and phonological components of working memory in mental arithmetic. *Memory & Cognition*, 28, 774-782.
- Gagné, F. (1985) Giftedness and talent: Reexamining a reexamination of the definitions. *Gifted Child Quarterly*, 29, 103-112.
- Gardner, H. (1998) Are there additional intelligences? The case for naturalist, spiritual, and existential intelligences. In Kane, J. (ed.) *Education, Information, and Transformation*. 111-131. Englewood Cliffs, NJ, Prentice-Hall.
- Gardner, H., Kornhaber, M. L., Wake, W. K. (1996) *Intelligence. Multiple perspectives*. Harcourt Brace, Orlando.
- Gefferth É. (1981) Motiváció a matematikai tehetség hátterében. *Pszichológia*, 243-269.
- Goleman, D. (1995/1997) *Érzelmi intelligencia*. Háttár Kiadó, Budapest.
- Gould, S. J. (1996/1999) *Az elméricskél ember*. Typotex, Budapest.

- Gustafsson, J-E. (1994) Hierarchical theories of intelligence. In Sternberg, R. J. (ed.) *Encyclopedia of Human Intelligence*, 536-539. Macmillan, New York.
- Gyarmathy É. (1996) *Tanulási zavarokkal küzdő tehetséges gyerekek azonosítása*. Nem publikált doktori értekezés. Debrecen.
- Gyarmathy É. (2002) IQ és tehetség. In Vajda Zs. (ed.) *Az intelligencia és az IQ-vita*. 127-154. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Gyarmathy É. (2002) Matematikai tehetségek. *Új Pedagógiai Szemle*, 2002.
- Habermann M. G. (1989) A „tehetség” értelmezése, a tehetséges tanulók kiválasztásának módszerei. In Ranschburg J. (ed.) *Tehetséggondozás az iskolában*. 162-223. Tankönyvkiadó, Budapest.
- Hadamard, J. (1954) *The psychology of invention in the mathematical field*. Dover, New York.
- Haier R. J. (1993) Cerebral glucose metabolism and intelligence. In Vernon, P. A. (ed.) *Biological Approaches to the Study of Human Intelligence*. 317-332. Ablex, Norwood.
- Hommel, B. (2000) The prepared reflex: Automaticity and control in stimulus-response translation. In Monsel, S., Driver, J. (eds.) *Attention and Performance XVIII: Control of cognitive processes*. 246-273. MIT Press. Cambridge.
- Hommel, B., Ridderinkhof, K. R., Theeuwes, J. (2002) Cognitive control of attention and action: Issues and trends. *Psychological Research*, 66, 215-219.
- Horn, J. L. (1994) Theory of fluid and crystallized intelligence. In Sternberg, R. J. (ed.) *Encyclopedia of Human Intelligence*, 443-451. Macmillan, New York.
- Humes, G. E., Welsh, M. C., Retzlaff, P., Cookson, N. (1997) Towers of Hanoi and London: Reliability and validity of two executive function tests. *Assesment*, 4, 249-257.
- Hunt, A. R., Klein, R. M. (2002) Eliminating the cost of task set reconfiguration. *Psychonomic Bulletin & Review*, 9, 529-539.
- James, W. (1890) *Principles of psychology*. Holt, New York.  
<http://psychclassics.yorku.ca/James/Principles/>

- Jensen, A. (1997) The psychometrics of intelligence. In Nyborg, H. (ed.) *The scientific study of human nature: Tribute to Hans Eysenck at eighty*. 221-239. Pergamon, New York.
- Jensen, A. R. (2000) The ubiquity of mental speed and the centrality of working memory. Replay to Conway et al. on Jensen on intelligence-g-factor. *PSYCOLOQUY*, 11 (38).
- <http://cogsci.soton.ac.uk/cgi/psyc/newpsy?11.038>
- Jensen, A., Sinha, S. N. (1993) Physical correlates of human intelligence. In Vernon, P. A. (ed.) *Biological Approaches to the Study of Human Intelligence*. 139-242. Ablex, Norwood.
- Jersild, A., T. (1927) Mental set and shift. *Archives of Psychology*, 89.
- Just, M. A., Carpenter, P. A. (1992) A capacity theory of comprehension: Individual differences in working memory. *Psychological Review*, 99, 122-149.
- Kahneman, D. (1973) *Attention and Effort*. Prentice Hall, New York. Magyarul: A lelki erőfeszítés elmélete felé. (kivonat) In Barkóczi I. (ed.) *Figyelem. Szöveggyűjtemény*. (1988) 110-124. Tankönyvkiadó, Budapest.
- Kahneman, D., Chajczik, D. (1983) Tests of the automaticity of reading: Dilution of Stroop effects by color-irrelevant stimuli. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 9, 497-519.
- Kintsch, W., Healy, A. F., Hegarty, M., Pennington, B. F., Salthouse, T. A. (1999) Models of working memory: Eight questions and some general issues. In Miyake, A., Shah, P. (eds.) *Models of working memory. Mechanisms of active maintenance and executive control*. 412-441. Cambridge University Press, Cambridge.
- Kovács K. (2002) Arthur Jensen és az IQ-vita 1969-től 2000-ig. In Vajda Zs. (ed.) *Az intelligencia és az IQ-vita*. 5-38. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Kozéki B., Entwistle, N. (1983) Tanulási motivációk és orientációk vizsgálata magyar és skót iskoláskorúak körében. *Pszichológia*, 2, 271-292.
- Kramer, A. F., Hahn, S., Gopher, D. (1999) Task coordination and aging: explorations of executive control processes in the task switching paradigm. *Acta psychologica*, 101, 339-378.

- Krutetskij, V. A. (1976) *The psychology of mathematical abilities in schoolchildren*. University of Chicago Press, Chicago.
- Landau, E. (1974) *A kreativitás pszichológiája*. Tankönyvkiadó, Budapest.
- Lee, K-M., Kang, S-Y. (2002) Arithmetic operation and working memory: differential suppression in dual tasks. *Cognition*, 83, B63-B68.
- Lehto, J. (1996) Are executive function tests dependent on working memory capacity? *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 49A, 29-50.
- Lemaire, P., Abdi, H., Fayol, M. (1996) The role of working memory resources in simple cognitive arithmetic. *European Journal of Cognitive Psychology*, 8, 73-103.
- Logan, G. D. (1988) Toward an instance theory of automatization. *Psychological Review*, 95, 492-527.
- Logan, G. D. (1994) On the ability to inhibit thought and action: A user's guide to the stop signal paradigm. In Dagenbach, D., Carr, T. H. (eds.) *Inhibitory processes in attention, memory, and language*. 189-239. Academic Press, San Diego.
- Logan, G. D., Taylor, S. E., Etherton, J. L. (1999) Attention and automaticity: Toward a theoretical integration. *Psychological Research*, 62, 165-181.
- Logie, R. H. (1995) *Visuo-spatial working memory*. Lawrence Erlbaum, Hove.
- Logie, R. H., Baddeley, A. D. (1987) Cognitive processing in counting. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 13, 310-326.
- Logie, R. H., Gilhooly, K. J., Wynn, V. (1994) Counting on working memory in arithmetic problem solving. *Memory & Cognition*, 22, 395-410.
- Lovett, M. C., Reder, L. M., Lebiere, C. (1999) Modeling working memory in a unified architecture: An ACT-R perspective. In Miyake, A., Shah, P. (eds.) *Models of working memory. Mechanisms of active maintenance and executive control*. 135-182. Cambridge University Press, Cambridge.

- Lucangeli, D., Cornoldi, C. (1997) Mathematics and metacognition: What is the nature of the relationship? *Mathematical Cognition*, 3, 121-139.
- MacLeod, C. M. (1991) Half a century of research on the Stroop effect. An integrative review. *Psychological Bulletin*, 109, 163-203.
- Marland, S. P. (1972) *Education of the gifted and talented: Vol. 1. Report to the Congress of United States by the U.S. Commissioner of Education*. Department of Health, Education and Welfare, Washington.
- Marr, D. (1982) *Vision*. Freeman, San Francisco.
- Mayer, R. E., Hegarty, M. (1996/1998) A matematikai problémák megértésének folyamata. In Sternberg, R. J., Ben-Zeev, T. (eds.) *A matematikai gondolkodás természete*. 41-63. Kulturtrade, Budapest.
- Meiran, N. (1996) Reconfiguration of processing mode prior to task performance. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 22, 1423-1442.
- Meiran, N. (2000a) Modeling cognitive control in task-switching. *Psychological Research*, 63, 234-249.
- Meiran, N. (2000b) The reconfiguration of the stimulus task-set and the response task set during task switching. In Monsel, S., Driver, J. (eds.) *Attention and Performance XVIII: Control of cognitive processes*. 377-399. MIT Press. Cambridge.
- Meiran, N., Chorev, Z., Sapir, A. (2000) Component processes in task switching. *Cognitive Psychology*, 41, 211-253.
- Meyer, D. E., Kieras, D. E. (1997) A computational theory of executive cognitive processes and multiple-task performance: Part 1. Basic mechanism. *Psychological Review*, 104, 3-65.
- Miller, K. F., Paredes, D. R. (1996/1998) Óriások vállán: a kulturális eszközök és a matematikai fejlődés. In Sternberg, R. J., Ben-Zeev, T. (eds.) *A matematikai gondolkodás természete*. 89-121. Kulturtrade, Budapest.
- Miyake, A. Shah, P. (1999) Toward unified theories of working memory: Emerging general consensus, unresolved theoretical issues, and future research directions. In Miyake, A., Shah, P. (eds.) *Models of working memory. Mechanisms of active*

- maintenance and executive control*. 442-481. Cambridge University Press, Cambridge.
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howarter, A., Wager, T. D. (2000) The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex “frontal lobe” tasks: A latent variable analysis. *Cognitive Psychology*, 41, 49-100.
- Miyake, A., Friedman, N. P., Rettinger, D. A., Shah, P., Hegarty, M. (2001) How are visuospatial working memory, executive functioning, and spatial abilities related? A latent-variable analysis. *Journal of Experimental Psychology: General*, 130. 621-640.
- Mönks, F. J. (1992) Development of gifted children: The issue of identification and programming. In Mönks, F. J., Peters, W. (eds.) *Talent for the future*. Van Gorcum, Maastricht.
- Monsell, S., Driver, J. (2000) Banishing the control homunculus. In Monsell, S., Driver, J. (eds.) *Attention and Performance XVIII: Control of cognitive processes*. 3-32. MIT Press. Cambridge.
- Monsell, S., Yeung, N., Azuma, R. (2000) Reconfiguration of task-set: Is it easier to switch to the weaker task? *Psychological Research*, 63, 250-264.
- Montague, M. (1992) The effects of cognitive and metacognitive strategy instruction on the mathematical problem solving of middle school students with learning disabilities. *Journal of Learning Disabilities*. 25, 230-248.
- Morris, N., Jones, D. M. (1990) Memory updating in working memory: The role of the central executive. *British Journal of Psychology*, 81, 111-121.
- Navon, D. (1977) Forest before trees: The precedence of global features in visual perception. *Cognitive Psychology*, 9, 353-383.
- Négyessy L. (2003) Munkamemória a prefrontális kéregben. In Pléh Cs., Kovács Gy., Gulyás, B. (eds.) *Kognitív idegtudomány*. 436-458. Osiris, Budapest.
- Németh D., Racsmány M., Kóny A., Pléh Cs. (2001) A munkamemória-kapacitás mérőeljárásai és jelentőségük a neuropszichológiai diagnosztikában. In Racsmány M., Pléh Cs. (eds.) *Az elme sérülései. Kognitív neuropszichológiai tanulmányok*. Akadémiai Kiadó, Budapest.

- Nieuwenhuis, S., Monsell, S. (2002) Residual costs in task switching: Testing the failure-to-engage hypothesis. *Psychonomic Bulletin & Review*, 9, 86-92.
- Noël, M-P., Désert, M., Aubrin, A., Seron, X. (2001) Involvement of short term memory in complex mental calculation. *Memory & Cognition*, 29, 34-42.
- Norman, D. A., Shallice, T. (1986) Attention to Action: willed and automatic control of behavior. In Davidson, R. J., Schwartz, G. E., Shapiro, D. (eds.) *Consciousness and self-regulation*, Vol. 4. 1-18. Plenum, New York.
- O'Reilly, R. C., Braver, T. S., Cohen, J. D. (1999) A biological based computational model of working memory. In Miyake, A., Shah, P. (eds.) *Models of working memory. Mechanisms of active maintenance and executive control*. 375-411. Cambridge University Press, Cambridge.
- Oberauer, K., Süß, H-M., Schulze, R., Wilhelm, O., Wittman, W. W. (2000) Working memory capacity - facets of a cognitive ability construct. *Personality and Individual Differences*, 29, 1017-1045.
- Oberauer, K., Süß, H-M., Wilhelm, O., Wittman, W. W. (2003) The multiple faces of working memory: Storage, processing, supervision, and coordination. *Intelligence*, 31, 167-193.
- Ogilvie, E. (1973) *Gifted Children in Primary School*. Macmillan, London.
- Pashler, H. (2000) Task switching and multitask performance (Tutorial). In Monsel, S., Driver, J. (eds.) *Attention and Performance XVIII: Control of cognitive processes*. 277-308. MIT Press. Cambridge.
- Pashler, H., Johnston, J. C., Ruthruff, E. (2001) Attention and performance. *Annual Review of Psychology*, 52, 629-651.
- Phillips, L. H. (1997) Do "frontal tests" measure executive function? Issues of assessment and evidence from fluency tests. In Rabbit, P. (ed.) *Methodology of frontal and executive function*. 191-213. Psychology Press, Hove.
- Pléh Cs. (1997) Szekvenciális és párhuzamos modellek a kognitív pszichológiában - a PDP megközelítés történeti helye. In Pléh Cs. (ed.) *A megismeréskutatás egy új útja: A párhuzamos feldolgozás*. 13-55. Typotex, Budapest.

- Pléh Cs. (1998) *Bevezetés a megismeréstudományba*. Typotex, Budapest.
- Pléh Cs. (2000) *A lélektan története*. Osiris Kiadó, Budapest.
- Pléh Cs. (2002) Öröklés- és környezetelvű érvelés az 1970-es évek fordulóján. In Vajda Zs. (ed.) *Az intelligencia és az IQ-vita*. 39-50. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Poincaré, H. (1924/1973) Mathematical creation. In Vernon, P. E. (ed.) *Creativity*. 77-88. Penguin Books, Middlesex.
- Poincaré, H. (1952) *Science and Method*. Dover, New York.
- Pólya Gy. (1971) *A gondolkodás iskolája: a matematika módszerei új megvilágításban*. Gondolat, Budapest.
- Racsmány M., Szendi I. (2001) "Ne gondoldj a fehér medvére!" Az emlékezeti gátlás neuropszichológiája. In Racsmány M., Pléh Cs. (eds.) *Az elme sérülései. Kognitív neuropszichológiai tanulmányok*. 417-433. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Racsmány M. (2003) Az emlékezet kognitív neuropszichológiája. In Pléh Cs., Kovács Gy., Gulyás B. (eds.) *Kognitív idegtudomány*. 459-482. Osiris, Budapest.
- Raven, J. C., Court, J. H., Raven, J. (1983) *A manual for Raven's Progressive Matrices and Mill Hill Vocabulary Scales*. London
- Reichel, H-C. (1997) Identifying and promoting mathematically gifted pupils and students (12-20 years). *High Ability Studies*, 8, 223-232.
- Renzulli, J. (1986) The three-ring conception of giftedness: A developmental model for creative productivity. In Sternber, R. J., Davidson, D. E. (eds.) *Conceptions of giftedness*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Rickart, C. (1996/1998) Strukturális és matematikai gondolkodás. In Sternberg, R. J., Ben-Zeev, T. (eds.) *A matematikai gondolkodás természete*. 279-292. Kulturtrade, Budapest.
- Robbins, T. W., James, M., Owen, A. M., Sahakian, B. J., McInnes, L., Rabbit, P. (1997) A neural systems approach to the cognitive psychology of aging using the CANTAB battery. In Rabbit, P. (ed.) *Methodology of frontal and executive function*. 215-238. Psychology Press, Hove.
- Roberts, R. J., Hager, L. D., Heron, C. (1994) Prefrontal cognitive processes: Working memory and inhibition in the antisaccade

- task. *Journal of Experimental Psychology: General*, 123, 374-393.
- Robinson, A., Clinkenbeard, P. R. (1998) Giftedness: An exceptionality examined. *Annual Review of Psychology*, 49, 117-139.
- Rogers, R. D., Monsell, S. (1995) Costs of a predictable switch between simple cognitive tasks. *Journal of Experimental Psychology: General*, 124, 207-231.
- Rubinstein, J. S., Meyer, D. E., Evans, J. E. (2001) Executive control of cognitive processes in task switching. *Journal of Experimental Psychology: Human perception and Performance*, 27, 763-797.
- Sagan, C. (1977/1990) *Az éden sárkányai. Tűnődések az emberi intelligencia evolúciójáról*. Európa Könyvkiadó, Budapest.
- Sanders, A. F., Lamers, J. M. (2002) The Eriksen flanker effect revisited. *Acta Psychologica*, 109, 41-56.
- Schneider, W. (1999) Working memory in a multiple hybrid connectionist control architecture (CAP2). In Miyake, A., Shah, P. (eds.) *Models of working memory. Mechanisms of active maintenance and executive control*. 340-374. Cambridge University Press, Cambridge.
- Schneider, W., Shiffrin, R. M. (1977) Controlled and automatic human information processing: I. Detection, search, and attention. *Psychological Review*, 84, 1-66.
- Seitz, K., Schumann-Hengsteler, R. (2000) Mental multiplication and working memory. *European Journal of Cognitive Psychology*, 12, 552-570.
- Serpell, R. (2000) Intelligence and culture. In Sternberg, R. J. (ed.) *Handbook of intelligence*. 549-577. Cambridge University Press, Cambridge.
- Shah, P., Miyake, A. (1999) Models of working memory: An introduction. In Miyake, A., Shah, P. (eds.) *Models of working memory. Mechanisms of active maintenance and executive control*. 1-27. Cambridge University Press, Cambridge.
- Shiffrin, R. M., Geisler, W. S. (1973/1985) Az információfeldolgozás és visszaszerzés elmélete. In Kónya A. (ed.) *Tanulás és Emlékezés. Szöveggyűjtemény*. 98-109. Tankönyvkiadó, Budapest.

- Shiffrin, R. M., Scheider, W. (1984) Automatic and controlled processing revisited. *Psychological Review*, 91, 269-276.
- Shiffrin, R. M., Schneider, W. (1977) Controlled and automatic human information processing: II. Perceptual learning, automatic attending, and a general theory. *Psychological Review*, 84, 127-190.
- Smith, E. E., Jonides, J. (1999) Storage and executive processes in the frontal lobes. *Science*, 283, 1657-1661.
- Spector, A., Biederman, I. (1976) Mental set and shift revisited. *American Journal of Psychology*, 89, 669-679.
- Stanovich, K. E., (2001) Reductionism in the study of intelligence. *Trends in Cognitive Sciences*, 5, 91-92.
- Sternberg, R. J. (1980) Sketch of a componential subtheory of human intelligence. *Behavioral and Brain Sciences*, 3, 573-584.
- Sternberg, R. J. (1985) *Beyond IQ: A triarchic theory of human intelligence*. Cambridge University Press, New York.
- Sternberg, R. J. (1996/1998) Mi a matematikai gondolkodás. In Sternberg, R. J., Ben-Zeev, T. (eds.) *A matematikai gondolkodás természete*. 293-309. Kulturtrade, Budapest.
- Sternberg, R. J. (1999) The theory of successful intelligence. *Review of General Psychology*, 3, 292-316.
- Sternberg, R. J. (2000) The concept of intelligence. In Sternberg, R. J. (ed.) *Handbook of intelligence*. 3-15. Cambridge University Press, Cambridge.
- Sternberg, R. J. Kaufman, J. C. (1998) Human abilities. *Annual Review of Psychology*. 479-502.
- Sternberg, R. J., Wagner, R. K. (1993) The *g*-ocentric view of intelligence and job performance is wrong. *Current Directions in Psychological Science*, 2, 1-4.
- Stiegler, J. W., Lee, S-Y., Stevenson, H. W. (1990) *Mathematical knowledge of Japanese, Chinese, and American elementary school children*. National Council of Teachers of Mathematics, Reston, VA.
- Stroop, R. J. (1935) Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of Experimental Psychology*, 28, 643-662.

<http://psychclassics.yorku.ca/Stroop/>

- Süß, H.-M., Oberauer, K., Wittman, W. W., Wilhelm, O., Schulze, R. (2002) Working-memory capacity explains reasoning ability - and a little bit more. *Intelligence*, 30, 261-288.
- Sylvester, C. C-Y., Wager, T. D., Lacey, S. C., Hernandez, L., Nichols, T. E., Smith, E. E., Jonides, J. (2003) Switching attention and resolving interference: fMRI measures of executive functions. *Neuropsychologia*, 41, 357-370.
- Szokolszky Á. (2002) Öröklés - környezet: mit is jelent az "is"? In Vajda Zs. (ed.) *Az intelligencia és az IQ-vita*. 51-84. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Thorne, B. M., Henley, T. B. (2000) *A pszichológia története: Kapcsolatok és összefüggések*. Glória Kiadó, Budapest.
- Tichner E. B. (1908/1988) A figyelem, mint érzékleti tisztaság. In Brkóczi I. (ed.) *Figyelem. Szöveggyűjtemény*. 26-34. Tankönyvkiadó, Budapest.
- Torrance, E. P. (1966) *Torrance Test of Creative Thinking*. Personal Press. Lexington.
- Turner, M. L., Engle, R., W. (1989) Is working memory capacity task dependent? *Journal of Memory and Language*, 28, 127-154.
- Vajda Zs. (2002) Az intelligencia természete. In Vajda Zs. (ed.) *Az intelligencia és az IQ-vita*. 85-109. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Vandierendonck, A., De Vooght, G., Van der Goten, K. (1998) Does random time interval generation interfere with working memory executive functions? *European Journal of Cognitive Psychology*, 10, 413-442.
- Vernon P. A., Wickett, J. C., Bazana, G. P., Stelmack, R. M. (2000) The neuropsychology and psychophysiology of human intelligence. In Sternberg, R. J. (ed.) *Handbook of intelligence*. 245-264. Cambridge University Press, Cambridge.
- Wagner, H., Zimmermann, B. (1986) Identification and fostering of mathematically gifted students. In Cropley, A. J., Urban, K. K., Wagner, H., Wiczerkowski, W., (eds.) *Giftedness: A continuing worldwide challenge*. 273-287. Trillium, New York.
- Ward, G., Roberts, M. J., Phillips, L. H. (2001) Task-switching costs, Stroop-costs, and executive control: A correlational study. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 54A, 491-511.

- Wason, P. C., Johnson-Laird, P. N. (1972) *Psychology of reasoning: structure and content*. Batsford, London.
- Wickett, J. C., Vernon, P. A., Lee, D. H. (2000) Relationships between factors of intelligence and brain volume. *Personality and Individual Differences*, 29, 1095-1122.
- Wieczerkowski, W., Cropley, A. J., Prado, T. M. (2000) Nurturing talents/gifts in mathematics. In Heller, K. A., Mönks, F. J., Sternberg, R. J., Subotnik, R. F. (eds.) *International Handbook of Giftedness and Talent*. 413-425. Pergmon, Oxford.
- Wilhelm, O., Schulze, R. (2002) The relation of speeded and un-speeded reasoning with mental speed. *Intelligence*, 30, 537-554.
- Winner, E. (2000) Giftedness: Current theory and research. *Current directions in psychological Science*, 9, 153-156.
- Wundt, W. M. (1897/1898) *A lélektan alapvonalai*. Franklin, Budapest.
- Wylie, G., Allport, A. (2000) Task switching and the measurement of „switching costs“. *Psychological Research*, 63, 212-233.
- Yewchuk, C. R. (1986) Gifted/learning disabled children: Problem of assessment. In Cropley, K. K., Urban, H., Wagner, H., Wieczerkowsky, W. (eds.) *Giftedness: A continuing worldwide challenge*. 40-48. Trillium, New York.
- Young, R.M., Lewis, R. (1999) The Soar cognitive architecture and human working memory. In Miyake, A., Shah, P. (eds.) *Models of working memory. Mechanisms of active maintenance and executive control*. 224-256. Cambridge University Press, Cambridge.
- Zimmerman, A. (1998) Verändertes denken, sprechen, wahrnehmen und verhalten bei schülerinnen und schülern. *Labyrinth*, 58, 3-5.

## MELLÉKLETEK

### 1. Melléklet

	Fazekas Mihály Gimnázium		Kossuth Lajos Gyakorló Gimnázium		
	Emelt (6-7)	Emelt (6-7)	Normál (3-4)	Normál (3-4)	Normál (3-4)
<b>Lány</b>	5	7	5	25	12
<b>Fiú</b>	13	11	11	8	15
<b>Σ</b>	18	18	16	33	27

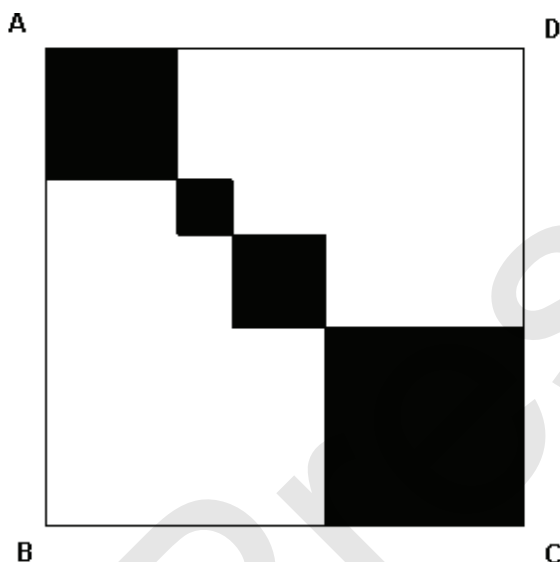
A lány és a fiú diákok gyakorisági megoszlása az iskola és a képzési forma szempontjából (zárójelben a matematikai órák heti száma).

### 2. Melléklet

#### Matematika feladatsor

- 10002 / 2522 - 2482  
A) 62500    B) 1000C) 500    D) 250    E) ½
- Ha  $x \neq 0$ ,  $x / 2 = y^2$  és  $x / 4 = 4y$ , akkor  $x =$ :  
A) 8    B) 16    C) 32    D) 64    E) 128
- Hány négyzetcentiméter az 5 x 5-ös sakktáblán látható négyzetek területeinek összege, ha az 1 x 1-es négyzet területe 1 cm<sup>2</sup>?  
A) 200    B) 25    C) 1000    D) 259    E) 100
- Egy számsorozat első és második tagja 1. A második taggal kezdődően minden további tag 1-el kisebb, mint a két szomszédjának szorzata. Mennyi az első 1999 tag összege?  
A) 1999    B) 3591    C) 3598    D) 17991  
E) az előzőek közül egyik sem.
- A legnagyobb olyan  $n$  természetes szám, amelyre  $n^{200} < 5^{300}$ :  
A) 8    B) 9    C) 10    D) 11    E) 12

6. Az ábrán látható négy befestett négyzet kerületeinek összege 52 cm. Mekkora az ABCD négyzet területe?



- A)  $676 \text{ cm}^2$  B)  $204 \text{ cm}^2$  C)  $169 \text{ cm}^2$  D)  $196 \text{ cm}^2$   
E) nincs elég adat meghatározására

A következő feladatok teljes kidolgozását kérjük!

7. Igazoljátok, hogy bármely teljes négyzetszám között van kettő, amelyek különbsége osztható négygyel!
8. a) Írjátok fel az 1 természetes számot három különböző tört összegeként, amelyek számlálója 1, nevezője pedig természetes szám!  
b) Írjátok fel az 1 természetes számot négy, öt, majd hat különböző tört összegeként, amelyek számlálója 1, nevezője pedig természetes szám!
9. Az ABCD téglalap A csúcsában merőlegest emelünk a téglalap síkjára. A merőlegesen felvesszük az M pontot és meghúzzuk az  $AP \perp BM$  és  $AQ \perp DM$  egyeneseket ( $P \in BM$ ,  $Q \in DM$ ) Igazoljátok, hogy  $PQ \perp MC$ !

## 3. Melléklet

**Tanári vélemény kérdőív**

Milyen mértékben jellemzőek az alábbi tulajdonságok a gyerekekre? (Azt a számot kérjük beírni az adatlapra, amely legjobban jellemzi a gyereket.)

1 = egyáltalán nem                      2 = kicsit                      3 = átlagosan  
4 = átlagosnál jobban                  5 = nagyon

1. eredeti ötletei vannak
2. kritikus kérdéseket tesz fel
3. gyors gondolkodás
4. jó emlékezőtehetség
5. kitartó a tanulásban
6. önbizalom
7. önállóság a gondolkodásban
8. sokoldalú érdeklődés
9. képességeinek megfelelően teljesít "vizsga" szituációban
10. képességeinek megfelelően teljesít az órán

A. Állítsa sorrendbe a tanulókat tehetségük mértéke szerint:  
B. Miben áll a matematikai tehetség az Ön véleménye szerint? Milyen tulajdonságai vannak (kell, hogy legyenek) egy tehetséges gyereknek?

## 4. Melléklet

Alskála	Alpha		Elhagyott itemek
<b>Követő</b>	0,7934	0,7994	33, 43
<b>Érdeklődési</b>	0,7868	0,8002	4, 14
<b>Teljesítő</b>	0,8514		-
<b>Presszió</b>	0,7229		-

A motivációs kérdőív egyes alskáláira kapott megbízhatósági indexek (Cronbach alpha) item elhagyás előtt és azt követően.

## 5. Melléklet

	Tehetséges				Jó			
	Lány		Fiú		Lány		Fiú	
<b>T</b>	80,20	(7,0)	79,94	(6,0)	61,22	(4,2)	59,18	(3,9)
<b>Raven</b>	31,25	(3,2)	29,83	(3,4)	25,00	(5,7)	27,83	(0,4)
<b>Figurális kre- ativitás</b>	59,50	(3,9)	56,01	(5,9)	54,37	(5,7)	57,50	(10,1)
<b>Verbális kre- ativitás</b>	53,23	(10,4)	55,30	(19,6)	48,68	(6,4)	51,75	(12,8)
<b>Teljesítő mo- tiváció</b>	12,25	(1,5)	10,74	(1,9)	12,24	(1,3)	11,78	(0,9)
<b>Követő moti- váció</b>	11,83	(1,8)	11,17	(1,9)	11,94	(0,9)	11,25	(1,2)
<b>Érdeklődési motiváció</b>	10,88	(2,1)	9,61	(1,9)	10,16	(1,1)	11,67	(1,8)
<b>Presszió</b>	2,13	(0,7)	2,40	(0,7)	2,44	(0,6)	2,14	(0,1)
<b>Matematika feladatsor</b>	6,77	(1,4)	7,09	(1,3)	4,76	(1,2)	4,50	(1,5)
<b>Iskolai telje- sítmény</b>	5,00	(0,0)	4,92	(0,2)	4,47	(0,5)	4,42	(0,7)
<b>Tanári véle- mény</b>	28,13	(2,27)	27,28	(2,7)	20,31	(3,1)	18,93	(3,3)

A T pont és az egyes tesztmutatók alakulása (átlag, szórás) a két eredeti csoportban nemek szerint. A tanári vélemény a korigált értékeket jelenti.

