

Az ingerbemutatás idői tulajdonságainak  
hatása az implicit tanulásra  
TDK dolgozat

Kiss Mariann

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Témavezető:

Dr Janacsek Karolina, Dr Németh Dezső

Eötvös Loránd Tudományegyetem

## Absztrakt

Az emlékezet és tanulás pszichológiai és kognitív idegtudományi vizsgálatának egyik kulcskérdése az implicit és explicit folyamatok szerepe és egymáshoz való viszonya. Korábbi kutatások rávilágítottak, hogy az ingerbemutató idői paraméterei nemcsak a tanulási és emlékezeti teljesítményre lehetnek hatással, hanem arra is, hogy az impliciten megtanult tudás mennyire válik explicité. Jelen kutatás célja, hogy a korábbi kutatásoknál precízebben vizsgálja meg a kérdést: a válasz-inger intervallum (RSI – response-to-stimulus interval) változtatásának hatását néztük a probabilisztikus szekvenciatanulásra, annak konszolidációjára és az előhívására. A vizsgálatban 30 fő vett részt, akiknek a fele 120 ms, a másik fele pedig 850ms RSI-vel végezte a feladatot, majd 24 órával később pedig teszteltük az elsajátított tudás megtartását. Az előzetes eredmények azt mutatják, hogy az RSI-nek hatása van a tanulási és előhívási folyamatokra. Kutatásunk rávilágíthat arra, hogy az RSI tanítási és tesztelési fázisban való inkongruens vagy kongruens volta hogyan hat az emlékezeti teljesítményre. Továbbá választ kaphatunk arra, hogy hol húzódik a határ az implicit és az explicit tanulási folyamatok között.

Kulcsszavak: implicit tanulás, probabilisztikus tanulás, konszolidáció, inger-válasz intervallum (RSI)

## Elméleti bevezető

Az emlékezet és tanulás pszichológiai és kognitív idegtudományi vizsgálatának egyik kulcskérdése az implicit és explicit folyamatok szerepe és egymáshoz való viszonya, melynek behatóbb megismeréséhez szeretnénk kutatásunkkal hozzájárulni. Hiszen az emlékezeti rendszerek ily módon történő elkülönítése – bár sokszor célszerű és átláthatóbbá teszi a tanulás jelenségének definiálását és vizsgálatát – bizonyos esetekben újabb megválaszolendő kérdéseket vet fel. Példának okáért az e kettő rendszer közötti átmenet mibenléte sem egyértelmű, tehát hogy hol is húzódik az a határ, amikor egy tanulási folyamatot implicitnek avagy explicitnek tekinthetünk, s hogy mindennek milyen hatása van a tanulási és előhívási folyamatokra, és úgy az emlékezeti teljesítményre általánosságban. A kérdés körülményeire érdekében először röviden bemutatjuk az emlékezeti és tanulási folyamatok implicit illetve explicit szegmenseit, továbbá a probabilisztikus szekvenciatanulási feladatot mint az implicit-explicit folyamatok kapcsolatának vizsgálatához alkalmas kísérleti eljárást. Végül pedig rátérünk a kutatásunk középpontját is képező ingerbemutató idői tulajdonságainak hatásainak tárgyalására.

Az emlékezet klasszikus squire-i modelljét tekintve egyértelműen elkülöníthetjük az explicit vagy deklaratív memóriát az implicit vagy non-deklaratív memóriától, melyek között a legfőbb különbséget a tudatosulás megléte adja. Ugyanis míg előbbi esetében a személy tisztában van azzal, hogy tanult valamit, s tudja is, hogy mit tanult (legyen az akár egy kontextusba ágyazott epizodikus emlék, vagy egy konkrét szemantikus információ), utóbbi esetében sokszor észre sem veszi, hogy tanulás történt, s így az elsajátított készséget is csupán a gyakorlatban beállt teljesítménybeli változások révén, közvetetten tudjuk megfigyelni (Squire, 1987). Mindez felvetette a kérdést, hogy e két rendszer a valóságban milyen mértékben tekinthető különbözőnek; hogy elképzelhetőek-e egyazon emlékezeti rendszer különböző megnyilvánulásaiaként, avagy strukturálisan is eltérő mechanizmusokról van-e szó.

E kérdéskör vizsgálatában jelentős szerepet játszott a motoros szekvenciatanulási helyzet, így az SRT (Serial Reaction Time) feladat is. E során a kísérleti személyekkel begyakoroltatnak egy ismétlődő motoros sorozatot, majd egy nap elteltével tesztelik a reakcióidő és a pontosság mérésének segítségével a tanulás eredményességét. Köztudomású tény, hogy motoros szekvenciatanulási helyzetben, SRT feladat tesztelési fázisa során a vizsgálati személyek reakcióideje jelentősen lecsökken a már ismert szekvencia bemutatása esetében, szemben a random módon generált, eddig nem begyakorolt szekvenciákkal (pl.

Nissen és Bullemer, 1987), azaz kimutatható egy bizonyos tanulási hatás. Ám ebben a helyzetben nem beszélhetünk explicit tanulásról (hiszen sokszor a kísérleti személyek nem veszik észre a szekvencia ismétlődését), ugyanakkor nem egyértelműsíthetjük a tisztán implicit tanulást sem (hiszen sokszor mégis tudatosodik a tanulás folyamata).

Számos kutatás tehát, melyek az explicit és implicit tanulási folyamatok egymáshoz fűződő viszonyát vizsgálták, éppen ezért ezt az SRT feladathelyzet, és úgy általánosságban a probabilisztikus szekvenciatanulás függvényében tették. Példának okáért Destrebecq és munkatársai (2005) a tudatos és tudattalan agyi folyamatok strukturális elkülönítését tűzték ki maguk elé célul. Vizsgálatukban PET segítségével nézték meg a különböző agyi folyamatokat SRT feladathelyzetben, hiszen a fentebb említetteknek megfelelően a motoros szekvenciatanulás során ugyanúgy előfordulhat véletlenszerű, implicit tanulás, mint tudatos kontroll általi explicit. Ráadásul ezek a visszakerdezési fázis során viszonylag jól el is különíthetőek egymástól annak ellenére, hogy a pontos mechanizmust tekintve eleddig nem alakult ki konszenzus. Mindenesetre a fent említett kutatás során azt találták, hogy bár az implicit folyamatokhoz a striatum aktivitása köthető, ennek aktivitását tudatos tanulás során az inkább explicit, tudatos folyamatokhoz köthető ACC (anterior cingular cortex) és MPFC (mesial prefrontal cortex) is befolyásolja, míg pusztán implicit tanulás során ez a kapcsolat nem valósul meg. Ez azt jelentené, hogy részben disszociáltan működik a tudatos és a tudattalan visszahívás egy ilyen szekvenciatanulási helyzetben is.

Ettől kissé eltérő nézetet vall Willingham és Goedert-Eschmann (1999). Szerintük ugyanis valószínűsíthető, hogy az implicit tudás megszerzése az explicitével párhuzamosan zajlik, hiszen a motoros szekvenciát explicit és implicit módon tanuló személyek által tanultak azonosnak tűnnek. S bár az általános nézet szerint az automatikus viselkedés, s így az implicit tanulás sem igényel tudatos figyelmet, a tanulási fázis korai szakaszában mégis jelentős szerepet játszhat az explicit és implicit rendszerek kapcsolata. Elképzelhető tehát, hogy a gyakorlás során a tudatos figyelem tudattalan reprezentációkat alakít ki, s így az explicit folyamatok háttérbe szorulnak a megszerzett tudás kialakulásáig. Ahhoz azonban, hogy adott tudás végül automatikussá váljon, elengedhetetlen a figyelmi folyamatok mértékének lecsökkentése; mely jellegzetességgel az SRT feladat során fellépő implicit szekvenciatanulás is rendelkezik. Sokáig úgy gondolták, hogy egy másodlagos feladat beiktatásával leronthatjuk az implicit tanulási teljesítményt, később viszont a hangsúlyt áthelyezték az ingerre adott válasz és az azt követő újabb inger között eltelt intervallum minőségi változtatásaira.

Másfelől Perruchet és munkatársai (1997) SRT feladathelyzetben öt különböző kísérlet során vizsgálták az explicit tanulást, s arra jutottak, hogy az explicit és implicit

memóriarendszerek működése már a tanulás korai fázisában elválik egymástól. Ugyanakkor – bár mind az öt esetben találtak bizonyítékokat az explicit tanulási folyamatokra – a kísérleti elrendezések nem adtak kielégítő magyarázatot arra nézve, hogy a teljesítményre nézve ennek pontosan milyen hatása is van. Éppen emiatt felvetették annak lehetőségét, hogy a későbbiekben érdemes lenne behatóbban vizsgálni a válasz és az azt követő inger között eltelt idő mennyiségét, hiszen egyik kísérletük során azt találták, hogy ennek nagy hatása volt a teljesítményre (bár az explicit tanulóval szerintük ez mégsem állt kapcsolatban). Összességében tehát elmondhatjuk, hogy egyértelműen van kapcsolat az implicit és explicit tanulási és emlékezeti folyamatokat tekintve – mely demonstrálására tökéletesen alkalmas lehet egy motoros szekvenciatanulási helyzet – azonban hogy a kettő átmenete mikor és hogyan zajlik, az mégsem teljesen egyértelműsíthető.

Így tehát az még mindig egy érdekes kérdés, hogy hol húzódik a határ e két jelenség között, s hogy milyen mutató segítségével foghatjuk ezt meg. Mivel a tudatos és tudattalan folyamatok elkülönítésében szerepet játszhatnak idői faktorok is, kutatásunk fókuszosa a már említett motoros szekvenciatanulási helyzetre és annak idői vonatkozásaira – jelesen a bemutatott ingerre adott válasz és az utána következő inger bemutatása között eltelt idő mutatóira – irányul. Willingham, Greenberg és Thomas (1997) több ízben vizsgálták azt az előtűk már többször felvetett állítást, mely szerint az implicit motoros szekvencia tanulására nagy hatással lehet a válasz-inger intervallum (RSI – response-to-stimulus interval), vagyis az, hogy milyen időközrel érkezik az új inger azután, hogy a vizsgálati személy reagált az előzőleg bemutatott ingerre. Többek között Nissen és Bullemer (1987) is azt találta, hogy az implicit szekvenciatanulásra negatív hatással van egy közbeiktatott másodlagos feladat, ugyanakkor ennek az eredménynek többféle értelmezése is lehetséges. Ennek megfelelően többen is felvetettek olyan potencionális magyarázatokat a teljesítménybeli változásokra, melyek ezt nem a közbeiktatott feladattal, hanem magával a válasz-inger intervallum módosulásával hozták kapcsolatba. Példának okáért Frensch és Miner (1994) szerint nem a figyelem – közbeiktatott feladat okozta – leterheltsége okozza a rosszabb teljesítményt SRT (serial reaction time)-feladathelyzetben, hanem az RSI meghosszabbodása. Ugyanis az egymást követő szekvencia-egységek szükségszerűen leterhelik a munkamemóriát a szekvenciális tanulás bekövetkeztéhez, ám abban az esetben, ha az újabb szekvencia-egység érkezéséig túl sok idő telik el, akkor ez a rövidtávú emléknym elhalványul. Így az RSI megnövekedése teljesítménybeli romlást is eredményez, s ez a hanyatlás 1,500 msec esetében lesz a legjelentősebb. Stadler (1995) egy ettől kissé eltérő véleményen van, hiszen szerinte nem az RSI objektív megnövekedése okozta a teljesítménybeli eltéréseket, hanem az, hogy a tanulási és a visszakerdezési fázisban eltérő

volt az ingerek válasz utáni bemutatási sebessége. Ez esetben úgy tekinthetünk az SRT feladathelyzetbe illesztett másodlagos feladatra mint a nagyobb egységek struktúrájának megbontására, mely révén a tanulási-visszahívási helyzetben az RSI inkonzisztenssé válik. Willingham és munkatársai (1997) azonban egyik választ sem találták kielégítőnek abban az értelemben, hogy egyik elrendezés sem adott egyértelmű és kizárólagos interpretációra lehetőséget, hiszen az általuk említett egyik kutatásban sem szerepelt kontroll-kondíció (jelen esetben rövid, konzisztens RSI), így tehát nem egyértelmű, hogy valóban a tanulási készségekre vonatkozik-e a mért különbség, vagy csupán teljesítménybeli különbségről beszélhetünk. Ennek érdekében hat különböző kísérleti elrendezésben vizsgálták ezt a jelenséget, s az RSI manipulálásával arra jutottak, hogy az inkonzisztencia nem feltétlenül van negatív hatással a teljesítményre, és a hosszú RSI sem feltétlenül a tanulásra van hatással, hiszen összességében eredményeiket sokkal inkább a figyelmi folyamatok mibenlétével lehet kapcsolatba hozni. Abban az esetben, amikor rövid, ám inkonzisztens RSI-s helyzetet (50, 450, 850 ms) hasonlítottak össze konzisztens hosszúval (850 ms) vagy közepessel (450 ms), azt találták, hogy az RSI variálásának magának nincs jelentősége a tanulás tekintetében, a az objektív hosszának viszont elképzelhető, hogy van. Ráadásul az RSI változtatásának az iránya sem mellékes, hiszen a rövidekről hosszúra változtatás – valószínűleg az unalom és a motivátlanság miatt – teljesítménybeli romlást eredményezett, szemben a hosszúról rövidekre változtatással. Érdekes kérdésként merül fel, hogy annak ellenére, hogy az implicit tanulásban – melyet általános felfogása szerint – a tudatosulástól független jelenségként definiálhatunk, s a performancia által mérhetünk csupán; jelen esetben mégis szerepet játszik a figyelem mint olyan.

Mivel az RSI módosításainak hatására nézve igen kevés vizsgálat született, ráadásul egyikben sem használtak ASRT feladatot, illetőleg a különböző variációk komplexebb hatásait sem feltétlenül nézték olyan behatóan, felmerülhet az igény ennek a hiánynak a pótlására. Jelen kutatás során egy olyan kísérleti elrendezést igyekeztünk megvalósítani, amely irányt szabhat a továbbiakban is az explicit és implicit tanulás kapcsolatának vizsgálatára a válasz-inger intervallum hatásainak alaposabb körüljárásával. A korábbi eredmények tükrében feltételezhetjük, hogy az RSI növelésével a tanulás kisebb mértékű lesz a rövid RSI-s feltételhez képest, mivel a hosszú RSI-nél több idő telik az egymás utáni, összefüggő szekvenciaelemek között, így ennek következtében nehezebb lesz összekapcsolni ezeket. A tesztelési fázis során pedig eltérést várunk a kongruens és az inkongruens RSI-vel tesztelt csoportokban: hipotézisünk szerint az inkongruens RSI lerontja a teljesítményt mind pontosság, mind reakcióidő tekintetében, főként, ha ez az inkongruencia a válasz-intervallum hosszának növelését jelenti.

## Módszer

### *Résztevők*

Kutatásunk egy nagyobb kutatás részét képezi; az implicit tanulás különböző aspektusait vizsgáló kutatásokhoz sorolhatjuk. A kísérleti személyek toborzása az erre a célra meghírdetett egyetemi kurzusok révén történt, ugyanakkor a kísérlet megkezdése előtt külön írásban és szóban is tájékoztattuk őket minden esetleges kérdésről és etikai vonatkozásról., majd írásbeli beleegyezést kértünk és kaptunk. A 2015. március 9-től 2015. május 12-ig tartó időszak alatt összesen 30 fő esetében végeztük el a kísérletet, akik mind egyetemi hallgatók voltak. Átlagéletkoruk 22,23 év (szórás: 2,161 év, legidősebb: 30 éves, legfiatalabb: 20 éves), a nemi megoszlás egyenlőtlen volt, hiszen összesen 2 férfi és 28 nő vett részt kutatásunkban. A különböző kísérleti kondíciókba történő besorolás random módon történt.

### *A kutatás során felhasznált eszközök*

#### **ASRT – Alternáló Szeriális Reakcióidő Teszt**

Az implicit tanulás vizsgálatában gyakran használt klasszikus SRT (Szeriális Reakcióidő Teszt) helyett a módosított változatát, az Alternáló Szeriális Reakcióidő Tesztet (ASRT) használtuk. Jelen kutatásban az ASRT-nek azt a változatát használtuk, amelyben az alanyoknak a monitoron lévő körökben megjelenő kutyákra az adott helynek megfelelő Y, C, B vagy M gomb lenyomásával kellett válaszolniuk (Nemeth et al., 2010). Az ASRT-ben a klasszikus SRT-hez képest a szekvenciaelemek váltakoznak random elemekkel, így egy probabilisztikus szekvenciát hozva létre. Ezáltal megkülönböztethetünk gyakran és ritkán megjelenő ingerhármásokat, azaz különböző valószínűségű gyakorisággal előforduló tripleteket. A szekvenciatanulást pedig az ezek között lévő pontosságbeli és reakcióidőbeli eltérések mutatják meg, vagyis akkor beszélhetünk szekvencia specifikus tanulásról, ha a magas gyakoriságú tripletek esetében a pontosság nő, míg a reakcióidő csökken, szemben az alacsony gyakoriságú tripletekkel.

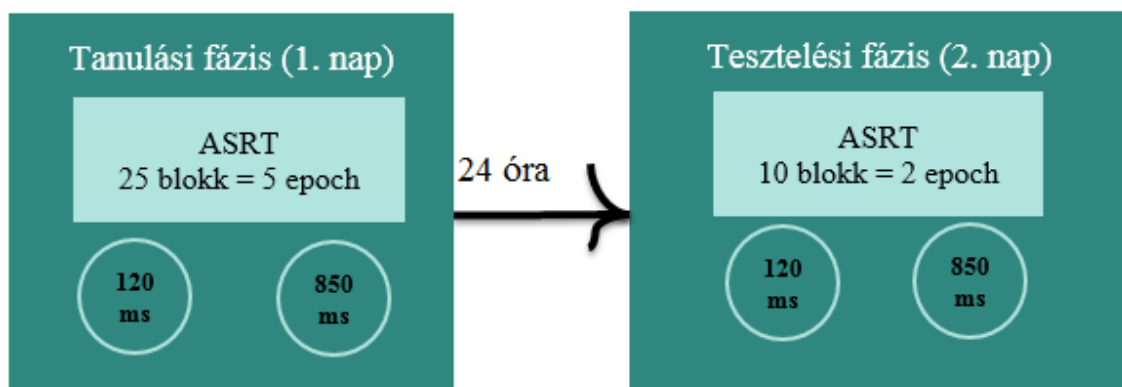
### *A vizsgálati elrendezés leírása*

Az ASRT feladatot két napon, 24 órás késleltetéssel vettük fel, s mindkét alkalommal a két külön kondíció egyikébe soroltuk be random módon a résztvevőket. Első napon 25 blokkot (25\*85 inger, amelyből 5 random és egy 8-elemű szekvencia ismétlődik 10-szer), azaz 5 epochot rögzítettünk. Az aktuális inger az előzőre adott válasz után vagy mindig 120 ms-al vagy 850

ms-al következett attól függően, hogy a 120 ms-os vagy a 850 ms-os kondícióba soroltuk be az illetőt. A második nap 10 blokkot, tehát 2 epoch-ot vettünk fel, melyeknek az RSI beállítása eltérő volt, tehát ha az első 120 ms-os volt, akkor a második 850 ms-os, és fordítva. Azt tekintettük kongruens állapotnak, ha a második napon az előző napi RSI-vel azonos volt a beállítás, míg inkongruensnek azt, ha attól eltérő volt ez az érték. Mindkét alkalommal a blokkokat egy rövid pihenő követte, amelyben a résztvevők kaptak egy visszajelzést a teljesítményükről, melynek figyelembe vételével módosíthatnak.

A második napi ASRT után kikérdeztük a személyeket arról, hogy észrevettek-e valamilyen szabályszerűséget/szekvenciát a feladatban. Ez a rövid kérdőív alapján egyetlen személy sem jött rá az alternáló szekvenciára (RSI feltételtől függetlenül), illetve arra sem, hogy gyakori vs. ritka tripletok voltak a feladatban. Emellett felvettünk egy ún. „exclusion-inclusion” szekvenciagenerálási feladatot is, amely indirekt és direkt módon tudja tesztelni a feladatról elsajátított implicit ill. explicit tudást. A későbbiekben fog sor kerülni ennek az explicit feladatnak a feldolgozása. Jelen dolgozatban azonban csak az első és második napi ASRT adatok elemzését mutatjuk be, ezen belül is a második napnak csak az elejét elemezzük, a két nap közötti RSI váltásra (kongruens vs. inkongruens) fókuszálva.

Az elemzésben tehát összesen négy különböző kísérleti csoportunk volt annak függvényében, hogy rövid vagy hosszú volt-e a tanulás során az RSI, illetve hogy a másnapi feladatban az RSI ezzel kongruens avagy inkongruens volt-e (lásd 1. ábra, illetve 1abc táblázatok).



### 1. ábra – Kísérleti elrendezés

*Első napon, a tesztelési fázis során 25 blokkot, vagyis 5 epoch-ot rögzítettünk 120 ms-os vagy 850 ms-os RSI-vel. A második napon pedig 10 blokkot, vagyis 2 epoch-ot, melyek RSI beállítása eltért. Így tehát négy különböző kondíció szerepelt a kutatásunkban: 1. 120-120(850) ms, 2. 850-120(850) ms, 3. 120-850(120) ms, 4. 850-850(120) ms.*



Kondíció		RSI 1. nap	RSI 2. nap
120 ms kongruens	8 fő	120 ms	120 ms
850 ms kongruens	7 fő	850 ms	850 ms
120 ms inkongruens	8 fő	120 ms	850 ms
850 ms inkongruens	7 fő	850 ms	120 ms

RSI 1. nap	
120 ms	16 fő
850 ms	14 fő

RSI 2. nap	
Kongruens	15 fő
Inkongruens	15 fő

### 1.a, b, c táblázat – A vizsgált csoportok

*A táblázatok megmutatják, hogy a kísérleti elrendezésünk során milyen csoportokat hasonlítottunk össze, illetőleg hogy adott kategóriákba hány fő tartozott.*

## Eredmények

Az ASRT feladatok elemzéséhez előljáróban meg kell említenünk, hogy a blokkokat ötösével epoch-okba rendeztük, s ezzel számoltunk a továbbiakban. Eszerint a rendszerezés szerint az első nap folyamán, a tanítási fázisban 5, míg a második napon, a visszakerdezési fázisban az 1. epochot elemeztük. A vizsgálati személyeket a már említett kondíciók alapján foglaltuk csoportokba, vagyis négy fő csoportunk volt aszerint, hogy első nap rövid vagy hosszú RSI-vel tanult az illető, illetőleg hogy a második napon elsőként ezzel kongruens avagy inkongruens epoch-kal kérdeztük ki. Ugyanakkor elemzéseink során (főleg, hogy az első napon, a gyakorlás hatására – ám konszolidációs szakasz nélkül – beállt változások vizsgálatában értelmetlen lett volna kongruens avagy inkongruens csoportról beszélni), itt tehát az első napi RSI kondíció szerinti különbségekre fókuszáltunk. Az egyik csoportosító változó tehát a tanulási szakaszban használt RSI hossza volt (120 ms vagy 850 ms), a másik pedig a tanulási és a konszolidációt követő első visszakerdezési ASRT során lévő RSI kapcsolata (kongruens vagy inkongruens csoport) volt.

ASRT feladat során két fő adatot néztünk, ezek a pontossági és reakcióidő adatok voltak. Ugyanis e kettő mutatót úgy tudjuk értelemszerűen felhasználni, hogy az alacsony illetve magas előfordulási gyakoriságú tripletek során megnézzük, hogy hogyan változtak ezek az értékek. Tanulásról abban az esetben beszélhetünk, ha a magas gyakoriságú tripletek esetén szignifikánsan lecsökkent a reakcióidő, ugyanakkor nőtt a pontosság az alacsony gyakoriságú tripletekkel összehasonlítva. Mivel kutatásunkban az RSI módosításainak hatásait kívántuk meg szemügyre venni, ezért kétféle elemzést végeztünk: egyfelől a tanulási fázis, azaz az első nap 5 epoch-ja során történt változásokat vizsgáltuk meg, másfelől megnéztük az első nap utolsó epoch-jához képest beállt változásokat a második nap, azaz a tesztelési fázis első epoch-jához képest. Ennek megfelelően a pontosság és a reakcióidő adatok esetében is ismételt méréses ANOVA-kat alkalmaztunk. Első esetben az első nap 5 epoch-jára nézve végeztük el az elemzést oly módon, hogy az egyéni belüli faktorok a *triplet* (magas vagy alacsony előfordulási gyakoriságú), és az *epoch* (1.-5.) voltak, míg az egyének között az *RSI* (120 vagy 850 ms-al tanult). Második esetben a konszolidáció hatásait is belevettük, ugyanis ekkor az első nap utolsó epoch-ja alatt nyújtott teljesítményt hasonlítottuk össze a második nap első epoch-jáéval.

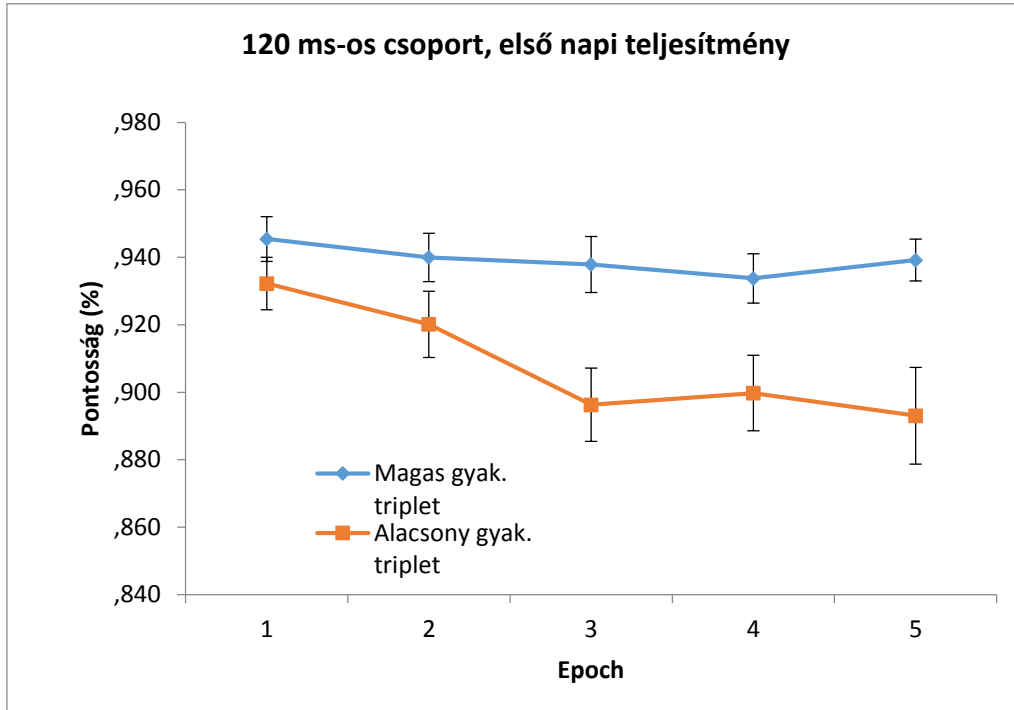
### *ASRT során történő on-line tanulás vizsgálata (1. nap)*

A már fentebb említettek szerint ismételt méréses varianciaanalízist alkalmaztunk az első nap öt epoch-ja alatt történt változások elemzéséhez mind a pontosság, mind a reakcióidő tekintetében. S mivel jelen esetben még nincs értelme belevenni a kongruens és inkongruens RSI-t mint csoportosító változót, ezért a résztvevők adatait rövid, 120 ms-os és hosszú, 850 ms-os RSI csoportokra bontottuk, ahol előbbi kategóriába 16-an, utóbbiba pedig 14-en kerültek.

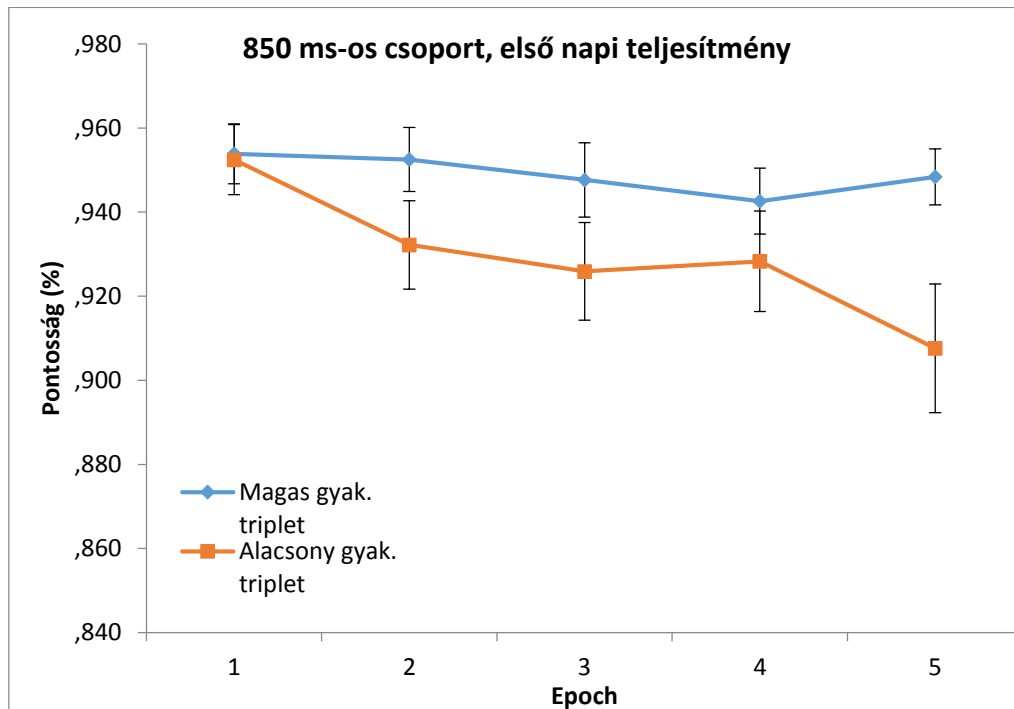
### ***Pontosság***

A fentieknek megfelelően lefutott elemzés során szignifikáns *triplet* főhatást kaptunk, mely azt jelenti, hogy valóban történt egy szekvencia-specifikus tanulás, vagyis a magas gyakorisággal előforduló tripletek esetén a résztvevők szignifikánsan pontosabbak, mint az alacsony gyakoriságúak esetén ( $F(1, 26)=50,212, p<0,001$ ). A pontosság epoch-ok közötti változásáról pedig elmondhatjuk, hogy tendenciaszerűen alakul, idővel előrehaladva romlik ( $F(4, 23)=4,439, p=0,09$ ). Ez elsősorban annak tudható be, hogy a résztvevők az időben előrehaladva egyre többet hibáznak az alacsony gyakoriságú tripletekre, ami a szekvencia-specifikus tanulás előfeltétele. Ezzel összhangban a *triplet\*epoch* interakció szignifikáns lett ( $F(4,$

23)=3,915,  $p=0,014$ ). Az *RSI csoport\*triplet* interakció nem lett szignifikáns ( $F(1, 26)=2,480$ ,  $p=0,127$ ), tehát a két csoportban a tanulás mértéke megegyezett (lásd 2a és 2b ábra). A többi főhatás ill. interakció nem lett szignifikáns.



2.a ábra – A 120 ms-os RSI-vel gyakorló csoport első napi pontosság-teljesítménye

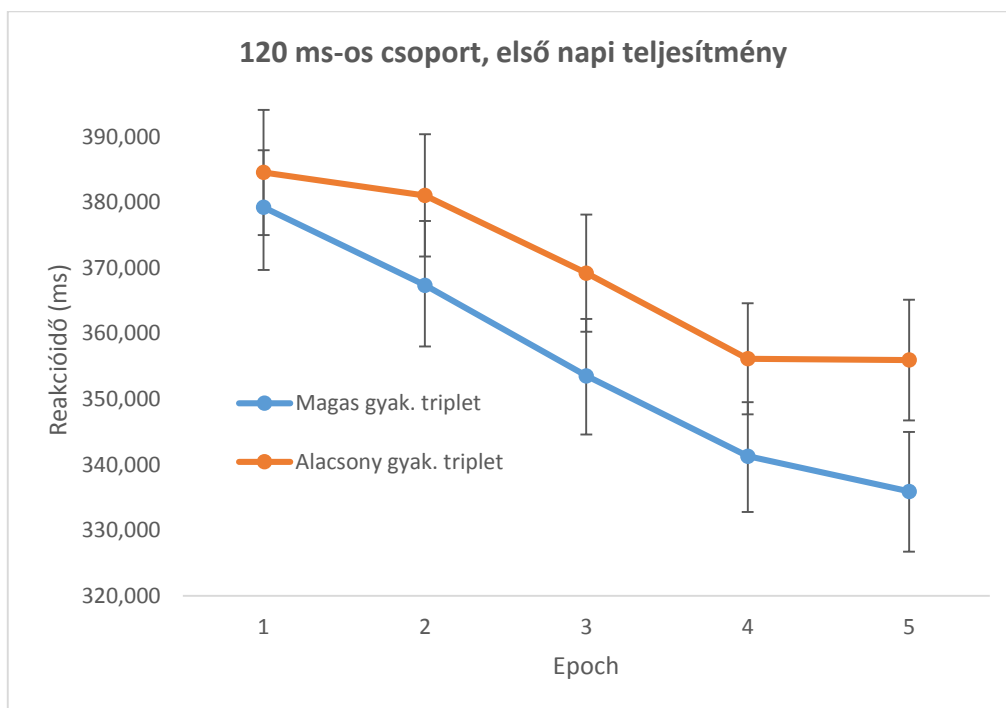


2.b ábra – A 850 ms-os RSI-vel gyakorló csoport első napi pontosság-teljesítménye

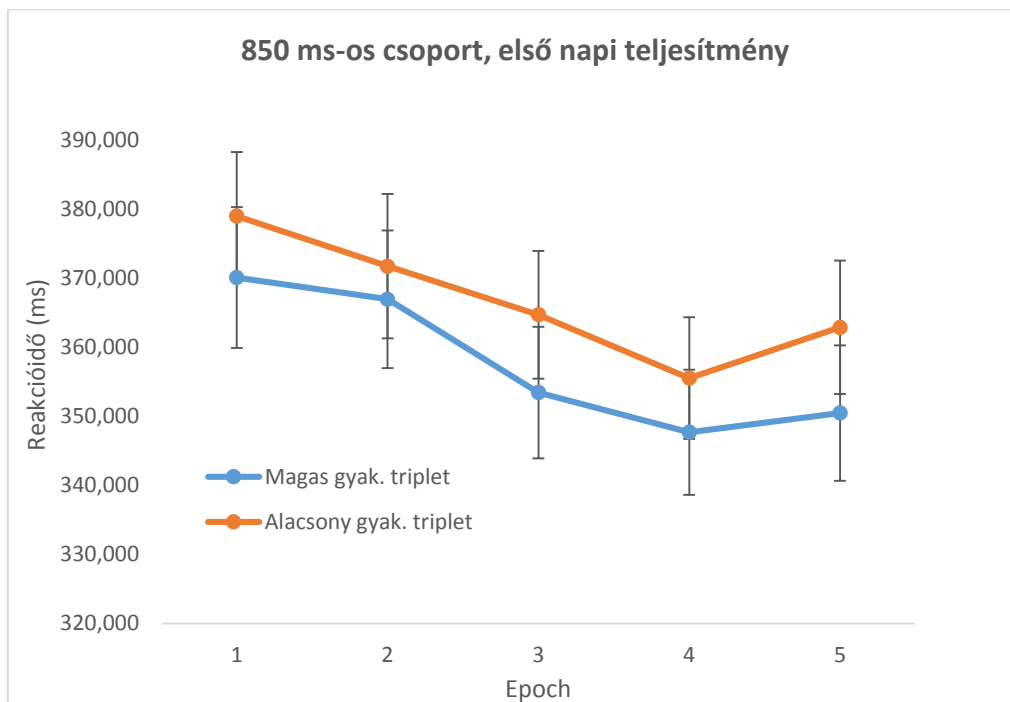
Az ábrák a szekvencia-specifikus tanulás során beállt pontosságbeli változásokat mutatják be az első nap 5 epoch-ja alatt a két különböző RSI-vel gyakorló csoporton belül. Szóródási mutató az átlag standard hibája.

### Reakcióidő

A reakcióidő adatokra ugyanolyan ANOVÁ-t futtattunk le, mint a pontossági adatokra. A szekvencia-specifikus tanulás ebben az esetben is jelentkezett, amit a szignifikáns *triplet*-főhatás mutat ( $F(1, 26)=95,561$ ,  $p<0,001$ ), vagyis a reakcióidő is eltérő volt a magas illetve az alacsony gyakorisággal előforduló tripletek esetén, értelemszerűen előbbi esetben csökken, míg utóbbiban nő az idő elteltével. Az idő előrehaladtával általánosságban is csökken a reakcióidő, melyet *epoch*-főhatással néztünk ( $F(4, 23)=17,697$ ,  $p<0,001$ ). Hasonlóan a pontosság adatokhoz, ebben az esetben is szignifikáns *triplet\*epoch* interakciót találtunk, ami azt jelenti, hogy a gyakorlás során egyre gyarapszik a szekvenciális tudás ( $F(4, 23)=5,483$ ,  $p=0,003$ ). Emellett a *triplet\*csoport* interakció is szignifikáns lett, tehát a 120 ms-os és a 850 ms-os RSI-vel gyakorló személyeknél eltér a szekvenciátanulás mértéke ( $F(1, 26)=4,276$ ,  $p=0,049$ ), még hozzá a 120 ms-os RSI-vel gyakorló csoport mutatott jobb szekvencia-specifikus tanulást (lásd 3a és 3b ábra). Az *epoch\*RSI csoport* interakció tendencia lett ( $F(4, 23)=2,242$ ,  $p=0,096$ ), ugyanis a 120 ms-os RSI csoport nagyobb mértékben gyorsult a feladat során a 850 ms-os csoporthoz képest. A többi főhatás ill. interakció nem lett szignifikáns.



3.a ábra - A 120 ms-os RSI-vel gyakorló csoport első napi reakcióidő-teljesítménye



### 3.b ábra - A 850 ms-os RSI-vel gyakorló csoport első napi reakcióidő-teljesítménye

Az ábrák a szekvencia-specifikus tanulás során beállt reakcióidőbeli változásokat mutatják be az első nap 5 epoch-ja alatt a két különböző RSI-vel gyakorló csoporton belül. Szóródási mutató az átlag standard hibája.

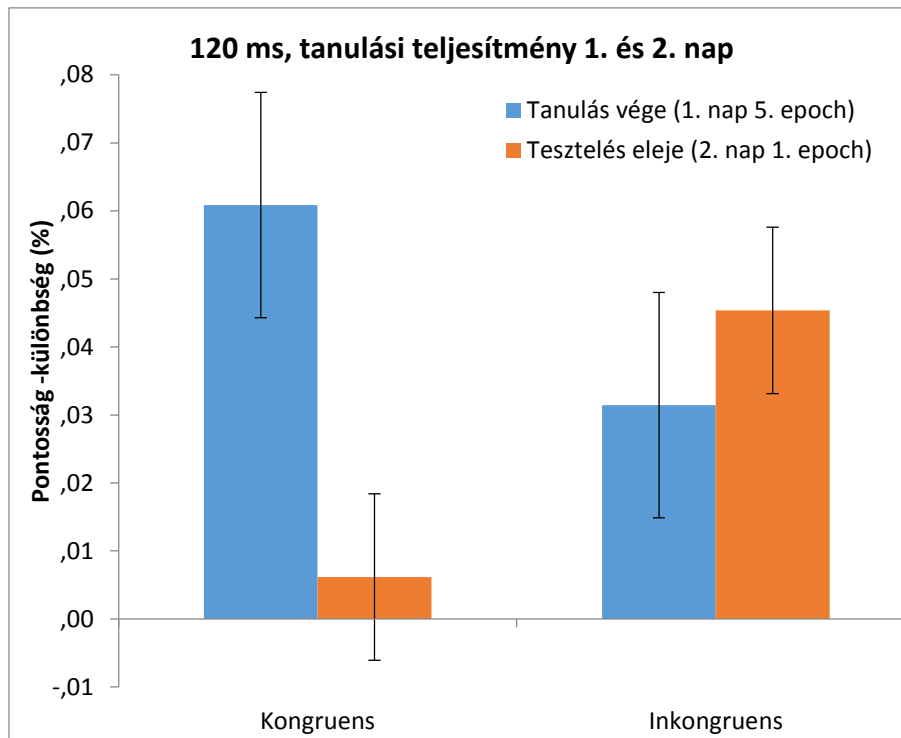
#### ASRT: konszolidációs tanulás (2. nap)

A konszolidációt, vagyis a 24 órás késleltetés hatását az előzőekhez hasonlóan varianciaanalízis segítségével vizsgáltuk. Ebben az esetben két csoportosító változónk volt, az első napi RSI kondíció (120 vs. 850 ms) illetve a másnapi RSI kondíció (kongruens avagy inkongruens az első napival) alapján, így meg tudtuk vizsgálni azt, hogy az előző napi 120 ms-al történő tanulást követően másnapra hogyan módosul a teljesítmény, ha az RSI-t változatlanul hagyjuk, illetőleg ha 850 ms-osra növeljük; avagy fordítva, a 850 ms-os kondíciót követően hagyjuk változatlanul vagy csökkentjük le 120 ms-ra ezt az értéket. Először tehát *triplet* (magas vs. alacsony) x *epoch* (első nap 5. epochja vs. második nap 1. epochja) x *RSI csoport* (első napon 120 vs 850 ms) x *kongruencia* (kongruens vs. inkongruens) kevert mintás ANOVÁ-t végeztünk el. Ahhoz, hogy a szekvencia-specifikus tudás konszolidációs változásait precízebben tudjuk vizsgálni, a későbbiekben kiszámoltuk az első nap utolsó epoch-ján, illetőleg a második nap első epoch-ján tapasztalt magas és alacsony gyakorisággal előforduló tripletekre adott válaszok reakcióidő-, illetve pontosságbeli különbségét. Ezen új tanulási mutatók azt fejezik ki, hogy

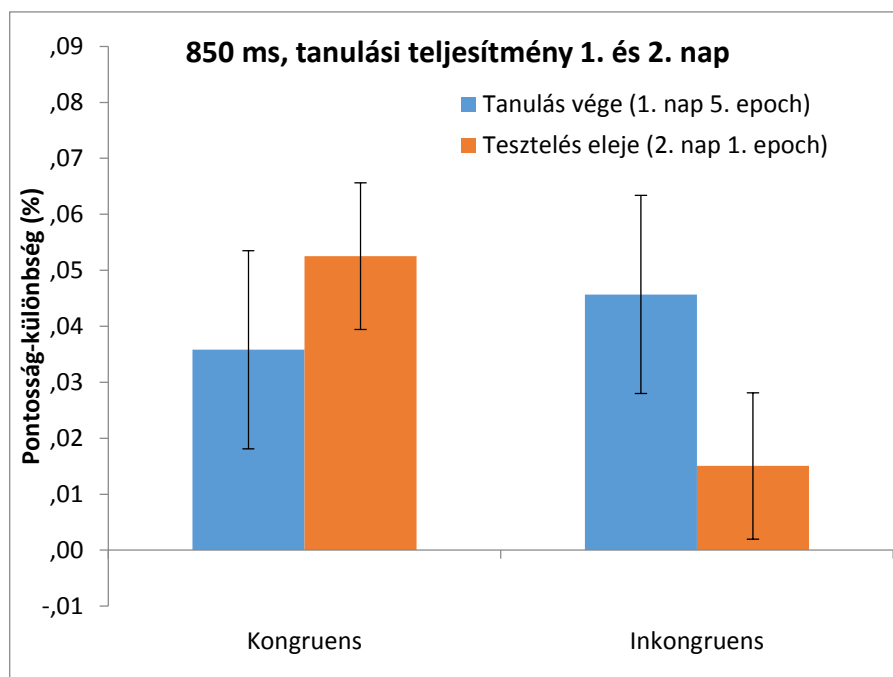
ennyivel voltak pontosabbak, avagy gyorsabbak a magas gyakoriságú tripletek esetében a résztvevő személyek, mint az alacsony gyakoriságú tripletek esetében. Ezeknél a változóknál tehát a nagyobb érték jelent jobb tanulást.

### ***Pontosság***

A kevert mintás ANOVA során szignifikáns *triplet*-főhatást kaptunk, tehát a vizsgálati személyek összességében pontosabbak voltak a magas gyakoriságú tripletekre az alacsonyakhoz képest ( $F(1, 26)=42,588$ ,  $p<0,001$ ). Kutatásunk során az RSI-t tekintve a második napon már gyakorlati értelemben vett négy csoportról is beszélhetünk (első nap 120 vagy 850 ms, másnap kongruens vagy inkongruens), ezért e két csoportosító változó interakciós hatását is megnéztük (*triplet\*epoch\*RSI csoport\*kongruencia*:  $F(1, 26)=8,312$ ,  $p=0,008$ ). Ez a szignifikáns interakció azt mutatja, hogy a négy csoportnál máshogy változott a szekvencia-specifikus tudás a két mérési pont között. A tanulási mutatókra futtatott post-hoc elemzések azt mutatják, hogy meglepő módon a 120 ms-os kongruens csoportnál jelentkezett kisebb szekvencia-specifikus tudás a 24 órás késleltetést követően ( $p=0,009$ ). Ugyanakkor azt várjuk, hogy ez a különbség egy nagyobb mintaelemszámnál eltűnik (jelen esetben csupán 8 főről beszélhetünk), hiszen a korábbi, hasonló módszereket használó vizsgálatok az első napon megszerzett tudás megtartásáról számoltak be. A 850 ms-os inkongruens váltásnál ( $p=0,152$ ), a 850 ms-os kongruens csoport ( $p=0,429$ ), és a 120 ms-os inkongruens csoport ( $p=0,480$ ) esetében nem sikerült kimutatnunk változást a két mérési pont között (lásd 4a és 4b ábra).



**4.a ábra - A 120 ms-os RSI-vel gyakorló csoport első és második napi pontosságának összevetése a kongruens és inkongruens csoportokon belül**



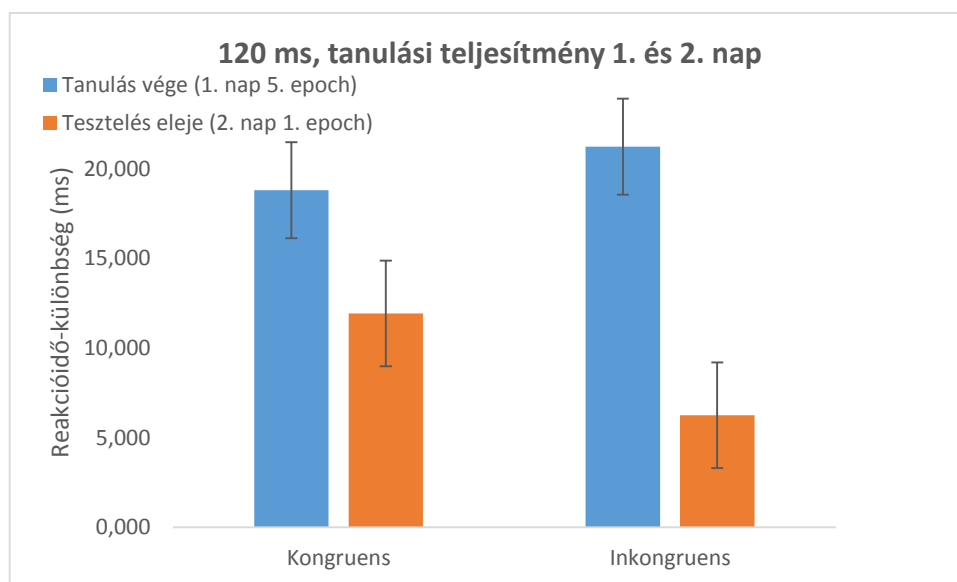
**4.b ábra - A 850 ms-os RSI-vel gyakorló csoport első és második napi pontosságának összevetése a kongruens és inkongruens csoportokon belül**

*Az ábrák a konszolidációt megelőző és a konszolidációt követő, vagyis az első nap utolsó epoch-ján és a második nap első epoch-ján nyújtott szekvenca-specifikus tanulás során beállt pontosságbeli változásokat mutatják be a két különböző RSI-vel gyakorló csoporton belül,*

külön nézve a kongruens és az inkongruens tesztelésű csoportokat. Szóródási mutató az átlag standard hibája.

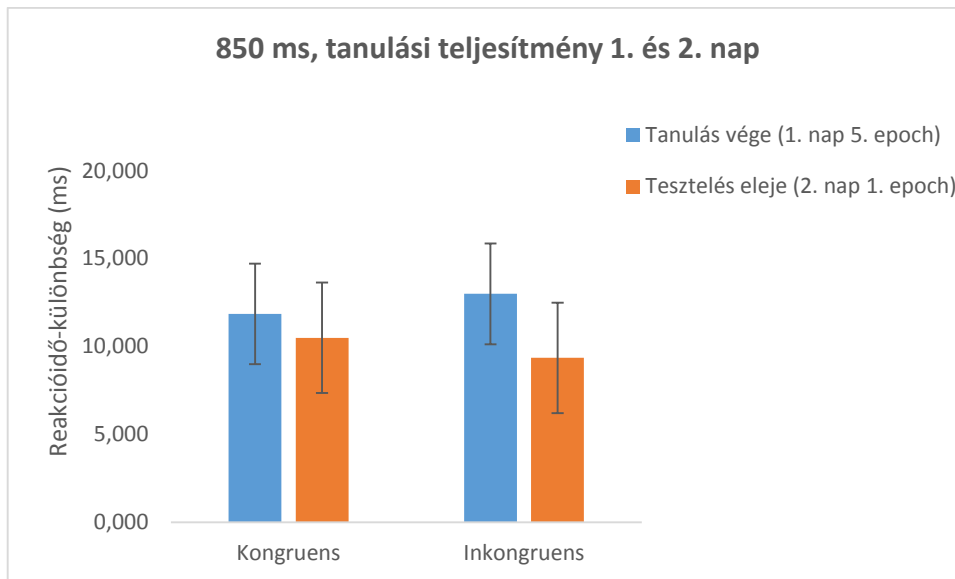
### **Reakcióidő**

A pontossághoz hasonlóan a reakcióidő esetén is elvégeztük a varianciaanalízist az első nap utolsó epoch-jának a második nap első epoch-jával való összehasonlítása érdekében. Ebben az esetben is megkaptuk a szignifikáns *triplet*-főhatást, vagyis összességében a vizsgálati személyek gyorsabbak voltak a magas gyakoriságú tripletekre az alacsony gyakoriságúakhoz képest ( $F(1, 26)=153,582, p<0,001$ ). Ugyanakkor a pontosság adatokkal ellentétben itt szignifikáns különbséget a 120 ms-al és a 850 ms-al tanult csoportok között kaptunk (*triplet\*epoch\*RSI*:  $F(1, 26)=4,262, p=0,049$ ). Ennek megfelelően ebben az esetben is elvégeztük a post hoc elemzéseket a csoportok közötti eltérések feltárására. Eszerint is van szignifikáns eltérés a 120 ms-al tanult csoport esetében a tanulás végén és a tesztelés elején lévő tanulás mértékében, hiszen az inkongruens módon tesztelt személyek gyengébben teljesítettek a második alkalommal a 850 ms-os feltételben ( $p=0,001$ ). A kongruens csoport teljesítménye csak tendenciaszinten változott ( $p=0,093$ ). Ezzel szemben a 850 ms-al tanult személyeknél nem találtunk változást a 2. adatfelvételnél ( $p=0,750$  ill.  $p=0,396$ ), lásd 5a és 5b ábra.



**5.a ábra - A 120 ms-os RSI-vel gyakorló csoport első és második napi reakcióidejének összevetése a kongruens és inkongruens csoportokon belül**





**5.b ábra - A 850 ms-os RSI-vel gyakorló csoport első és második napi reakcióidejének összevetése a kongruens és inkongruens csoportokon belül**

*Az ábrák a konszolidációt megelőző és a konszolidációt követő, vagyis az első nap utolsó epoch-ján és a második nap első epoch-ján nyújtott szekvencia-specifikus tanulás során beállt reakcióidőbeli változásokat mutatják be a két különböző RSI-vel gyakorló csoporton belül, külön nézve a kongruens és az inkongruens tesztelésű csoportokat. Szóródási mutató az átlag standard hibája.*

## Diszkusszió

Kutatásunk célja az volt, hogy a probabilisztikus szekvenciatanulás során feltérképezzük a válasz-inger intervallum módosításainak hatásait, hogy közelebb kerülhessünk az explicit és implicit tanulás egymástól történő megkülönböztetéséhez. Ennek érdekében az RSI-t, vagyis a válasz-inger intervallum módosításainak hatásait vizsgáltuk a tanulási és a tesztelési fázis során is. A tanulási és a tesztelési fázis során is rövid, 120 ms-os, vagy hosszú, 850 ms-os RSI-t állítottunk be az ASRT feladat során; vagyis – ahogyan azt már a kísérleti elrendezés bemutatása során bővebben is taglaltuk – összehasonlítottuk a rövid és hosszú RSI-vel tanult személyek első napi teljesítményét, illetőleg a tesztelési fázis során a tanulásihoz viszonyítva kongruens vagy inkongruens RSI hatásait.

Az eddigi kutatások RSI tekintetében arra engednek következtetni, hogy minél inkább megnöveljük a válasz-inger intervallumot, annál inkább romlanak a teljesítménymutatók. Ennek egyik lehetséges oka az lehet, hogy ekkor a releváns ingerek kevésbé tudnak együtt

reprezentálódni a rövid távú munkamemóriában (Frensch & Miner, 1994). Ugyanakkor az is elképzelhető, hogy ebben az esetben a szekvenciatanulás explicitebb aspektusaira tevődik át a hangsúly (Destrebecq & Cleeremans, 2003), s ezáltal a teljesítmény javulásához kell egy konszolidációs hatás is, tehát a hosszú RSI teljesítménye a tesztelési fázis során kifejezettebben mutat javulást, mint a tanulási fázisban. Ugyanakkor nem csupán az RSI objektív hossza számíthat a másnapi teljesítményben, hanem az előző napihoz mért változása is, tehát hogy csökkent, nőtt, vagy változatlan maradt. Arra vonatkozólag, hogy milyen hatással lehet a teljesítményre nézve az RSI módosítása, Destrebecq és Cleeremans (2003) eredményei alapján arra következtethetünk, hogy az RSI növekedésével a reakcióidő gyorsul – ugyanakkor ez kevésbé tűnik látványosnak a hosszú RSI-s csoporton belül; vagyis a reakcióidő mutatón belül teljesítménynövekedés akkor figyelhető meg, ha az addig rövid RSI-t a tesztelési fázis során megnöveljük. Ugyanakkor fontos tényező az is, hogy egyáltalán módosul-e az RSI; hiszen elképzelhető egy kongruens tesztelési eljárás is, amely során más teljesítményt várhatunk, mint módosított, inkongruens kikérdezés mellett. Ennek megfelelően, hogy Stadler (1995) is az RSI variabilitását emeli ki mint meghatározó tényezőt a teljesítmény tekintetében, ugyanis szerinte ezáltal a szekvencia rendezettsége felbomlik, s így a tanulás is kisebb mértékű lesz.

A mi kutatásunk során mind a tanulási fázis, mind a tesztelési fázis során néztük az RSI módosításainak hatásait, s e során sikerült is kimutatnunk a szekvencia-specifikus tanulás bekövetkeztét, a pontosság és a reakcióidő adatok tekintetében is. Az első napi tanulás során a 120 ms-os csoport jobb tanulást mutatott a reakcióidő adatok tekintetében (a pontosságnál is hasonló volt a mintázat, bár nem szignifikáns).

A konszolidációt követően, tehát az első nap végi teljesítményt a másnapi kezdő teljesítménnyel összehasonlítva főként az RSI kongruencia-inkongruencia hatásait mérhettük fel, vagyis azt, hogy milyen hatással bír az RSI módosítása a pontosság és a reakcióidő tekintetében. Szignifikáns különbséget találtunk a négy csoport szekvencia-specifikus tanulásában a 24 órás késleltetést követően: a 120 ms-os kongruens csoport kisebb szekvencia-specifikus tudásra tett szert, ugyanakkor a másik három csoport esetében nem találtunk számottevő változást. Igencsak meglepő eredménynek tartjuk, hogy szignifikánsan leromlik a 120 ms-os, kongruens csoport pontossága másnapra: ezt az eredményt kénytelenek vagyunk a kis mintaelemszámmal magyarázni, mivel jelen esetben csupán 8 fő eredményeit vehettük alapul. Emellett úgy tűnik, hogy a kongruens módon 850 ms-os RSI-vel tesztelt személyek pontossága is javul némileg a konszolidációt követően. A reakcióidő módosulásait tekintve elmondhatjuk, hogy volt különbség a tekintetben a másnapi teljesítményben, hogy első napon milyen hosszú volt a válasz-inger intervallum. A tanulási mutatókat nézve megfigyelhettünk

egy bizonyos mértékű javulást a tesztelési fázis során nyújtott teljesítményben. Bár szignifikáns javulást, azaz a tanulási mutatók szignifikáns növekedését a résztvevők teljesítményében csak a 120 ms-os kongruens csoportban kaptunk, úgy tűnik, mintha a másik három csoporton belül is csökkentek volna a reakcióidők.

Összességében elmondhatjuk, hogy eredményeink csupán részben fednek át az általunk vártakkal. Ugyanis a kis elemszám miatt sokszor nem kaptunk szignifikáns eredményeket, sőt olyan is előfordult, hogy egy, az eddigiekkel szemben élesen ellenkező eredményre jutottunk (hiszen az eddigi összes eredménnyel, s magával a motoros szekvencia-tanulási paradigmával is éles ellentétben áll az az eredmény, mely szerint a kongruens módon 120 ms-os RSI csoportnál a szekvencia-tudás mértéke leromlana a konszolidációs szakaszt követően). Ugyanakkor érdemes megemlíteni, hogy valóban úgy tűnik, hogy az RSI hosszának változtatása már az első napi on-line tanulásra is hatással van, s a konszolidációt követően mért teljesítmény is eltérő lesz aszerint, hogy eredetileg milyen hosszú RSI-vel gyakorolt az illető, illetőleg hogy a tesztelés során módosítottuk-e ezt az értéket. S bár jelen eredményeink megfelelnek Destrebecq és Cleeremans (2003) eredményeinek tekintetében, hogy a 120 ms-ról 850-re váltott csoport reakcióideje gyorsult, nem mondanak ellent Stadler (1995) eredményeinek sem, mely szerint az inkongruens tesztelés teljesítménybeli romlást eredményez. Ugyanakkor érdemes hangsúlyoznunk, hogy eredményeink két okból is nehezen feleltethetők meg az eddigi kutatásoknak: jelesül, hogy ASRT feladathelyzetet alkalmaztunk SRT helyett, és hogy egy igen korlátolt mintaelemszámmal voltunk kénytelenek operálni. Éppen ezért bizonyos fenntartásokkal kell kezelnünk ezeket, s sokkal inkább úgy kell tekintenünk rájuk, mint egy későbbi kutatás előjáróira, mely során például az inclusion-exclusion tesztet is elemeznénk, hogy megvizsgálhassuk, egyéb tényezőkben is van-e eltérés a csoportok között.

Az eddigieket összefoglalva eredményeink tehát azt mutatják, hogy érdemes a továbbiakban is foglalkozni az RSI variálásával mint az explicit-implicit tanulási helyzetek megkülönböztető mutatójával. Annak ellenére, hogy érdekes felvetésnek minősül, mely szerint ezekben a motoros szekvenciatanulási helyzetekben valójában nem beszélhetünk tényleges szekvenciatanulásbeli változásokról, csupán a tudás visszaadására, magára a performanciára vonatkozólag tehetünk megjegyzéseket az esetleges teljesítménybeli romlások megfigyelésekor (Willingham, Greenberg & Cannon Thomas, 1997). Mindezek mellett ugyanakkor azért az eddigieknek megfeloően feltételezhetjük, hogy a performanciából mégiscsak következtethetünk magára a tanulásra is az olyan probabilisztikus szekvenciatanulási helyzetekben, mint például jelen esetben az ASRT feladat során történő RSI módosítások vizsgálatakor. Destrebecq és

Cleeremans (2003) szerint ugyanis az RSI növelésével egy sokkal explicitebb tanulás megy végbe, míg az RSI folyamatos csökkentésével arányosan csökkentjük az explicit tanulási elemeket is a tanulás során, növelve ezzel az implicit tanulási folyamatok arányát az aktuális tanulási helyzetben. Ugyanis ez az idői faktor erősen összefügg a figyelemmel, mely magához az explicit tanulóhoz köthető: hiszen egy rövidebb válasz-inger intervallum esetén nem áll rendelkezésre elég idő ahhoz, hogy tudatos kontroll mellett végezze a feladatot az adott személy. Mindezeknek megfelelően szerintük van egy olyan kritikus idői határ is az RSI tekintetében, amely alatt a tudatos figyelem már nem tud kielégítően működni, s ezáltal a tanulás is egyre kevésbé köthető a frontális agyi területek aktivitásával járó explicitebb tanulási formákhoz.

Összességében tehát elmondhatjuk, hogy az explicit és implicit memóriarendszerek egymáshoz való viszonya még mindig érdekes kutatási területnek tekinthető, melyet a későbbiekben érdemes lenne behatóbban tanulmányozni, akár a válasz-inger intervallum kutatása révén. Érdemes továbbá megemlíteni, hogy e két memóriarendszerhez köthető tanulási folyamatok a hozzájuk szükséges feltételek mentén is különbözőek, ugyanis míg az explicit tanulásban nagy szerepet játszik az alvás megléte, az implicit sokkal inkább az idői faktorokkal hozható kapcsolatba (Robertson, Pascual-Leone, & Press, 2004). Ez arra engedhet következtetni, hogy amennyiben a szekvenciális tanulási helyzetben maga a tanulás explicitebb volt, a másnapi teljesítménynek jobban kellene javulnia, míg az implicit tanulás során már az első napi gyakorlás során, az idő előrehaladtával beállna ez a javulás. Ráadásul a fáradási hatás, amely a figyelem csökkenésével függ össze, is párhuzamba vonható ezzel, hiszen a figyelemnek főleg az explicitebb tanulási helyzetben van szerepe, így ennek lankadásával a teljesítmény is romolhat (Rickard et al., 2008).

Az implicit folyamatok mérésére gyakran alkalmazzák a motoros szekvenciatanulási helyzetet, avagy az SRT tesztet. Ugyanakkor ennek nagy hátránya, hogy csupán egy determinisztikus szekvencia ismétlődik benne, s így ezt könnyen felfedezheti a kísérleti személy – ezáltal azonban a tanulás során értelemszerűen nagyobb szerepet kap egy explicit folyamat is. Vagyis csekély mértékű, minimális figyelem esetén implicit tanulásról beszélhetünk, ugyanakkor nagyobb mértékű figyelemmel egy szándékos, explicit tanulási folyamat is megvalósul (Robertson, Pascual-Leone, & Press, 2004). Így tehát felvetődik a kérdés, hogy ilyen esetekben mennyire marad implicit maga a tanulás, illetőleg hogy ezt a váltást hogyan tudjuk mérni. Azonban a legtöbb eddigi kutatásban, amely az explicit-implicit folyamatok kapcsolatát, vagy magát az implicit tanulást nézte, az SRT feladatot használta erre a célra (pl. Cleeremans, Destrebecq & Boyer, 1998). Mi ezzel szemben azért, hogy még

intenzívebbé tegyük e két rendszer különbözőségét, és hogy jobban megvizsgálhassuk az implicit tanulás idői határait, kutatásunkban ASRT feladatot alkalmaztunk. Hiszen ebben az esetben a random elemek alternálódása miatt egy probabilisztikus, statisztikai szekvenciatanulásról beszélhetünk; mely által egy, az SRT-hez képest implicitebb tanulási formát idézhetünk elő.

Az ASRT feladat során az RSI módosításai mindezek alapján egy jobb megkülönböztethetőségre adhat teret az explicit és implicit rendszerek tekintetében. Eredményeink, s a szakirodalmi adatok (pl. Destrebecqz & Cleeremans, 2003) alapján is elmondhatjuk, hogy a válasz-inger intervallum során van egy bizonyos idői határ, amely elválaszthatja egymástól e két tanulási formát; vagy legalábbis az RSI mint idői mutató mentén módosulhat a tanulás explicit és implicit formáinak egymáshoz viszonyított aránya. Ugyanis bár jelen kutatásban egy szűkös mintán végeztük el az elemzéseket, úgy véljük, hogy kimutatható bizonyos eltérés a különböző csoportokon belül tekintetben, hogy milyen hosszú RSI-vel tanultak, illetőleg hogy másnap ezzel megegyező vagy eltérő módon teszteltük-e őket. Mindezen teljesítménybeli különbségek a pontosság és a reakcióidő tekintetében is arra engednek következtetni, hogy minőségi váltás történt a tanulás során az RSI hosszának és módosításainak függvényében; mely kapcsolatba hozható a tanulás explicit és implicit összetevőinek arányával.

A jövőben éppen ezért folytatni kívánjuk az elkezdett kutatást, s egy nagyobb mintán megismételni az elemzéseket. Ezen felül úgy véljük, hogy egy nagyobb minta esetén részletesebb statisztikai analíziseket végezhetünk el, s ezáltal jobban megérthetjük az RSI módosításainak hatásait. Hiszen még mindig érdekes kérdésnek minősül az, hogy a gyakorlás során milyen hatással van az RSI objektív hossza, tehát hogy egy rövidebb válasz-inger intervallum ráerősít-e a tanulás implicit jegyeire, s ezáltal a pontosság és a reakcióidő adatok is kifejezettebben javulnak-e, mint egy hosszabb válasz-inger intervallum esetén. Emellett még mindig kíváncsiak vagyunk, hogy a konszolidációt követően milyen eltérések lehetnek a rövid és hosszú RSI-vel tanult személyek teljesítménye között, illetőleg hogy milyen hatással van egy módosított RSI-vel történő kikérdezés, s hogy milyen irányban hat az RSI megnövelése vagy lecsökkentése; s hogy mindez pontosan hogyan is interpretálható a tanulás explicit és implicit jellemzőivel. Végezetül tehát azt várjuk, hogy későbbi eredményeink behatóbb tanulmányozása mellett szert tehetünk olyan ismeretekre, amelyek érdemben hozzátehetnek az explicit-implicit tanulási folyamatok kapcsolatának megértéséhez.

## Hivatkozások

- Destrebecqz, A., & Cleeremans, A. (2003). Temporal effects in sequence learning. *ADVANCES IN CONSCIOUSNESS RESEARCH*, 48, 181-214.
- Cleeremans, A., Destrebecqz, A., & Boyer, M. (1998). Implicit learning: News from the front. *Trends in cognitive sciences*, 2(10), 406-416.
- Destrebecqz, A., Peigneux, P., Laureys, S., Degueldre, C., Del Fiore, G., Aerts, J., ... & Maquet, P. (2005). The neural correlates of implicit and explicit sequence learning: Interacting networks revealed by the process dissociation procedure. *Learning & Memory*, 12(5), 480-490.
- Frensch, P. A., & Miner, C. S. (1994). Effects of presentation rate and individual differences in short-term memory capacity on an indirect measure of serial learning. *Memory & Cognition*, 22(1), 95-110.
- Nemeth, D., Janacsek, K., Londe, Z., Ullman, M. T., Howard, D. V., & Howard Jr, J. H. (2010). Sleep has no critical role in implicit motor sequence learning in young and old adults. *Experimental Brain Research*, 201(2), 351-358.
- Nissen, M. J., & Bullemer, P. (1987). Attentional requirements of learning: Evidence from performance measures. *Cognitive psychology*, 19(1), 1-32.
- Perruchet, P., Bigand, E., & Benoit-Gonin, F. (1997). The emergence of explicit knowledge during the early phase of learning in sequential reaction time tasks. *Psychological Research*, 60(1-2), 4-13.
- Rickard, T. C., Cai, D. J., Rieth, C. A., Jones, J., & Ard, M. C. (2008). Sleep does not enhance motor sequence learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 34(4), 834.
- Robertson, E. M., Pascual-Leone, A., & Press, D. Z. (2004). Awareness modifies the skill-learning benefits of sleep. *Current Biology*, 14(3), 208-212.
- Squire, L. R. (1987). *Memory and brain*. New York.
- Stadler, M. A. (1995). Role of attention in implicit learning. *Journal of experimental psychology: Learning, memory, and Cognition*, 21(3), 674.
- Willingham, D. B., Greenberg, A. R., & Thomas, R. C. (1997). Response-to-stimulus interval does not affect implicit motor sequence learning, but does affect performance. *Memory & Cognition*, 25(4), 534-542.

Willingham, D. B., & Goedert-Eschmann, K. (1999). The relation between implicit and explicit learning: Evidence for parallel development. *Psychological Science*, *10*(6), 531-534.