

Az implicit tanulás és a nyelvi képességek kapcsolata

HÁDEN GÁBOR PÉTER¹ – OROSZ GÁBOR¹ – AMBRUS GÉZA
GERGELY¹ – GÖNCZI DÁNIEL² – ACZÉL BALÁZS² – NÉMETH DEZSŐ¹

A tanulmány az implicit tanulás és a mondatmegértés kapcsolatát vizsgálja kettős terheléses kísérleti helyzetben. A kísérleti személyeknek az implicit tanulási feladattal – szeriális reakcióidő (SRT) – párhuzamosan mondatmegértési, szöfeldolgozási, és matematikai feladatokat kellett végrehajtaniuk. Az implicit tanulási teljesítmény a mondatmegértési feladat közben szignifikánsan rosszabb volt, mint a kontroll helyzetekben. Az eredmények összhangban vannak PINKER és ULLMAN procedurális/deklaratív elméletével.

1 Bevezetés

Dolgozatunk a procedurális emlékezeti rendszer és a nyelvi képességek kapcsolatát vizsgálja. Ennek során bemutatjuk kísérletünket, amelyben egészséges személyek procedurális tanulását vizsgáltuk egy szeriális reakcióidő feladatban. Elméleti motivációnkat STEVEN PINKER (1998) „szavak és szabályok” (Words and Rules) elmélete és MICHAEL T. ULLMAN (2004) ebből származó procedurális/deklaratív elmélete adja. A fenti elméletek alaptétele, hogy a nyelvi képesség két, idegrendszeri szinten is elkülönülő rendszerbe szerveződik. A mentális lexikon hang-jelentés megfeleléseket tárol, és a halántéklebenyi struktúrákhoz kapcsolódik. A nyelvtani rendszer produktív kombinatorikus műveleteket végez absztrakt szabályok szerint, a lexikonból előhívott morfémaikon, egyszerű és komplex szavakon, frázisokon és mondatokon. Ezekért a nyelvtani funkciókért a frontális kéreg, a bazális ganglionok, valamint a kisagy felelősek. Dolgozatunkban rövid áttekintést nyújtunk az angol múlt idő elsajátításával kapcsolatos vitá-

¹ Szegedi Tudományegyetem BTK Pszichológia Tanszék Megismeréstudományi Csoport;
e-mail: nemethd@edpsy.u-szeged.hu

² ELTE Pedagógiai és Pszichológiai Kar

ról, valamint azokról a bizonyítékokról, amelyekből a *szavak és szabályok elmélet* kibontakozott. Áttekintjük továbbá a procedurális-deklaratív elméletet támogató agyi képző, elektrofiziológiai, valamint fejlődési és neuropatológiai vizsgálatokat, továbbá az implicit tanulással, ezen belül a szeriális reakcióidő feladattal kapcsolatos szakirodalmat.

Céljainknak megfelelően a dolgozat felépítése a következő: elsőként áttekintjük a múlt idő vitát (2. fejezet), mellyel célunk történeti és elméleti alapot adni kísérletünk értelmezéséhez. A 3. fejezetben rátérünk a szavak és szabályok elmélet idegrendszeri bizonyítékaira. Ennek során külön-külön is átvesszük a procedurális, valamint a deklaratív rendszer neurobiológiai hátterét. Az ismertetéssel célunk az, hogy rámutassunk arra, hogy bár az eddigi kutatások elsősorban képző és elektrofiziológiai eljárások adatait használták fel bizonyítékkul, és ezt egészítették ki a neuropszichológiai kutatások eredményei, viszont a szavak és szabályok modellt támogató, implicit tanulást hangsúlyozó pszicholingvisztikai vizsgálatok eddig nem készültek. A 4. fejezet az implicit tanulás jellemzőit mutatja be. Ezt követően rátérünk kísérletünk bemutatására (5. fejezet), melyben implicit tanulási feladat mellett párhuzamos terhelésként nyelvtani feladatot adtunk a kísérleti személyeknek. Ezzel az volt a célunk, hogy pszicholingvisztikai bizonyítékokkal támasszuk alá PINKER szavak és szabályok modelljét. Kísérletünk releváns alátámasztását nyújtja a modellnek, mert az implicit tanulási feladatok és a nyelvtani feladatok összefüggéseit eddig párhuzamos terhelési feladatokban még nem bizonyították, így kísérletünk hiánypótló ezen a területen.

2 A „múlt idő vita” történeti háttere

Dolgozatunknak ebben a részében áttekintjük a *múlt idő vita (past tense debate)*, PINKER és ULLMAN 2002) történeti hátterét. A bemutatást az indokolja, hogy a múlt idő vita által került előtérbe a nyelvtan és a lexikon dichotómiájának feltételezése. A nyelven belül két alrendszer feltételezése a procedurális és a deklaratív memória (valamint az implicit és az explicit tanulás) szétválasztásához kínál jó kutatási terepet.

Az angol múlt idő szabályszerűségeinek vizsgálata. A múlt idő a nyelvtan pszicholingvisztikai és nyelvészeti vizsgálata szempontjából különösen érdekes, mivel két, egymástól elkülönülő jelenség bontakozik ki benne. A szabályos ragozás (pl. *play-played*) szinte minden alakra alkalmazható, illetve nem létező alakokra is általánosítható (pl. *spam-spammed*). Az angolban a rendhagyó ragozás körülbelül 180 igére vonatkozik, ezen igék múlt idejű alakjai nem (vagy csak kevésbé) bejósolhatók szabályszerűségek alapján.

Egyes elméletek szerint a szabályos és a kivételes elkülönítés csupán látszólagos, és a ragozás megvalósulásáért egyetlen rendszer felelős. Ezt tételezi fel CHOMSKY és HALLE 1968-as modellje (MCCAWLEY 1989), valamint RUMELHART és MCCLELLAND 1986-os konnekcionista modellje is. A két elmélet azonban szembenáll egymással a nyelvtani folyamatok komputációs modelljét tekintve. A vita napjainkban is aktívan folyik CHOMSKY szabályalapú és RUMELHART és MCCLELLAND konnekcionista elméleteinek követői között. Azonban a múlt idő vita téje túlmutat az angol múlt idő elsajátításának módján, és az ember nyelvi képességeinek lehetséges szerkezetével áll összefüggésben (MCCLELLAND és PATTERSON 2002, PINKER és ULLMAN 2002). A következő részekben bemutatjuk a vitában résztvevő elméletek főbb tulajdonságait és álláspontjukat.

2.1 A generatív fonológia

CHOMSKY és HALLE generatív fonológiai elméletében a szabályos és rendhagyó formák generálása olyan egységes rendszerben történik, ahol újráíró szabályok felelnek a ragozott formák létrehozásáért (MCCAWLEY 1989). A generatív fonológia egyetlen általános szabályt feltételez a szabályos és sok kis specifikus szabályt a rendhagyó formák jellegzetes csoportjainak létrehozására. A rendhagyó ragozás során is fonológiai szabályok működnek (például „Írd át az *i*-t *a*-ra!”), melyek megmagyarázzák a rendhagyó igék egy-egy csoportjának a viselkedését (*sit-sat, ring-rang, sing-sang*).

CHOMSKY és HALLE 1968-as modellje nagy lélegzetű vállalkozásnak indult, azonban néhány éven belül nyilvánvalóvá vált a fonológusok számára, hogy a Chomskyék által feltételezett morfofonológiai szabályok tarthatatlanok, mert nem húzhatók éles határok a rendhagyó igék csoportjai közé. A szabályok szigorú alkalmazása ezért téves általánosítások létrehozását implikálta (PINKER 1998).

2.2 A konnekcionizmus

RUMELHART és MCCLELLAND konnekcionista modellje a generatív fonológiához hasonlóan szintén egy rendszert feltételez a nyelv működésében (MCCLELLAND 1992, RUMELHART és MCCLELLAND 1986), azonban a konnekcionista elméletek számos más tekintetben szembehelyezkednek a chomskyánus modellel, és alapvetően az empirista asszociációs hagyományra támaszkodnak. A konnekcionisták modulok helyett intuitív neurális feldolgozó-egységek alkotta hálózatot feltételeznek, melyben a kognitív funkciók párhuzamosan terjedő aktivációs működésekkel írhatók le. DAVID RUMELHART és JAMES MCCLELLAND modellje különböző információforrások párhuzamos, egyidejű és teljes értékű feldolgozása mellett érvel (CLARK 1999). Az elképzelés nem különbözteti el a nyelvi reprezentációs

szinteket, és nem feltételez központi szabályozást sem (SEIDENBERG és ELMAN, 1999). E felfogás elveti a szabályalapú értelmezést, a szabálykövetést látszólagos jelenségnek tekinti, a nyelvelsajátítást pedig sok egyedi példa alapján történő asszociáció folyamatának. A konnekcionista elképzelésekben a nyelvhasználatnak nincsenek konkrét szabályai, csak szabályszerűségei (PLÉH és LUKÁCS 2002). Ennek alapján a szabályos és a rendhagyó szerkezeteket egy asszociatív memória-hálózat hozza létre. A konnekcionista magyarázatok alátámasztására a kutatók mesterséges neuronhálózatokat konstruáltak, melyek nagyszámú csomópontból – ezek a neuronokat reprezentálták – illetve a közöttük fennálló, súlyozott kapcsolatok rendszeréből felépülő konnekcionista rendszerekből álltak (ilyen hálózatra példa MCCLELLAND és RUMELHART 1986). Az egyik első ilyen mesterséges hálózat a PDP (Parallel Distributed Processing) volt, mely a nyelvelsajátítás folyamatát kívánta modellezni az angol múlt idő rendhagyó alakjainak tanításán keresztül. A hálózat egyfajta mintázatillesztőként működött, amely a bemenetnél lebontotta a jelen idejű alakokat jellemző fonológiai jegyeikre (feature), és hozzákapcsolta a tulajdonságok mintázatát a kimeneti egységekhez, amelyek szintén egyszerű fonológiai jegyekből épültek fel. Ezek feladata volt a múlt idejű forma létrehozása. Minden egyes szóhoz tartozott egy olyan mintázat a kimeneti egységeken, amely a leginkább megfelelő volt a szó számára (a hasonló szavaknak hasonló egységek feleltek meg). A RUMELHART–MCCLELLAND modell így képes volt kialakítani olyan családi hasonlóságon alapuló csoportosítást a rendhagyó igék között, amely jól kezeli a nem egyértelmű eseteket is (RUMELHART és MCCLELLAND, 1986).

A Rumelhart–McClelland elmélet szerint a nyelvelsajátítás a következőképpen zajlik (CLAHSEN, 1999 nyomán):

1. Feltételezzük, hogy a gyermek asszociációt képez az ige- és a múlt idejű alak közt (*sing-sang*).
2. Ha a gyermek a későbbiekben egy ismeretlen múlt idejű formát képez, akkor fölismeri a hasonlóságot a tövek között, és ennek megfelelően hasonló múlt idejű alakot hoz létre. Amennyiben összekapcsolta a *sing-sang* formát, akkor ezt kiterjesztheti a *ring-rang* párra is (minden összeköttetésnek van egy megfelelő súlya).
3. A különböző szavak elsajátítása során a kapcsolatok súlya változik.
4. A nyelvelsajátítás során létrejöhetnek hibás asszociációk is (pl. a *sing-sang* alapján a *swing-swang*). Ezek később a szülői korrekciók (vagy a helyes alak gyakori expozíciójának) hatására eltűnnek.
5. A fentiekkel párhuzamosan kialakul a helyes formák közötti kapcsolat (*swing-swung*).

6. Asszociációk révén, szabályalkalmazás nélkül alakul ki a kapcsolat a szabályos alakú múlt idejű igék esetében is (pl. *walk-walked*).

A modell alkalmazása során a kutatók azzal szembesültek, hogy az esetek 33%-ában hibás alakok képződtek. Emiatt számos támadás érte a konnekcionista modelleket a szabályalapú rendszer hívei részéről (PINKER és PRINCE 1988).

2.3 A „szavak és szabályok” elmélete

PINKER „szavak és szabályok” elmélete (PINKER és PRINCE 1988, PINKER 1998) az előző két elképzeléssel ellentétben két rendszer működését feltételezi a szabályos és szabálytalan formák létrehozása mögött. Az egyik rész a lexikon, a deklaratív emlékezeti rendszer egy alegysége, amely hang-jelentés párokat tárol egy konnekcionista jellegű hálóban. Ebben a rendszerben gyakorisági és hasonlósági hatások érvényesülnek. A struktúra másik része a szabályrendszer, amely a lexikonban tárolt fonémákkal, morféimákkal, egyszerű és komplex szavakkal, frázisokkal és mondatokkal végez műveleteket. Ebben a rendszerben a rendhagyó alakok ragozott formái a lexikonban tárolódnak, míg a szabályos alakokat a nyelvtani rendszer hozza létre a lexikonban tárolt tövek és ragok összekapcsolásával. PINKER modelljében szükség van a szabályok feltételezésére, ezzel szemben MCCLELLAND és RUMELHART modellje nem tartalmazott egy általános szabályt (az *-ed* rag széleskörű használatát szabályos igékre), amelyet az új, ismeretlen szavak esetén alkalmazhatott volna. Így az előzetesen bemutatott igékhez való hasonlóság alapján állított elő olyan alakokat, melyek tévesek voltak. PINKER ötvözi a MCCLELLAND–RUMELHART modell és a generatív modell „jó tulajdonságait”.

A generatív modell jól alkalmazható a szabályos igék ragozására, de nem magyarázza kielégítően a szabálytalan ragozást. Ehelyett létrehoz egy olyan (default) alapszabályt, amely alapján bármilyen ige-tőhöz hozzá lehet illeszteni a szabályos múlt időnek megfelelő legyen ez az ige új, ritkán használt, vagy egyáltalán nem létező.

PINKER a MCCLELLAND–RUMELHART modellből a hasonlóságok kezelését használja fel, azt, hogy a hasonló dolgokat könnyebb megtanulni, valamint hogy az újonnan tanult alakok öröklik a hozzájuk hasonló régi elemek tulajdonságait. A hasonlóság alkalmazása mellett fel kell tételeznünk egy olyan rendszert is, mely szabályalkalmazáson alapul. Ha csak hasonlósági tényezőket veszünk figyelembe, akkor a MCCLELLAND–RUMELHART modell magyarázóereje nem elégséges, mivel a rendszer súlyos hibákat vét a tanítási listájában nem szereplő (többnyire szabályos) igék múlt idejű alakjának képzésekor. A hibás eredmények részben a rendszernek abból az inherens hiányosságából következnek, mely nem feltételez a

hálózatban egy olyan változót, amely az igetőnek felel meg, és a modell így képtelen lesz az „Adj egy *-d* morfémát az igetőhöz!” jellegű szabályok alkalmazására.

PINKER szavak és szabályok elmélete tehát felfogható kompromisszumként két szélsőséges elmélet között. Felhasználja a generatív fonológiát a szabályos alakok képzése során, de konnekcionista jellegű rendszerben képzeli el a mentális lexikon szerveződését. A modell több szempontból is jól tesztelhető előrejelzésekkel rendelkezik (PLÉH és LUKÁCS 2000):

1. A pszichológusok vizsgálataiban a kivételes alakok memóriahatásokat mutatnak, de a szabályosak nem. A szabályos alakok esetében ugyanakkor priming hatások figyelhetők meg, míg a szabálytalanok alakok esetében nem.
2. A nyelvi szerkezetekben a kivételek – mivel fel vannak sorolva a lexikonban – elérhetők a szóalkotási folyamatok számára, a szabályosak – mivel nincsenek felsorolva a lexikonban – nem.
3. Az agyi reprezentációkra nézve elképzelhető, hogy a két rendszer egymásra épül.

A szavak és szabályok modell szerint az igék rendhagyó múlt idejű alakja teljes egészében a lexikonban tárolódik. A szabályos múlt idő létrehozásához elég, ha az igető és a szabály a munkamemóriában hozzáférhető. Minél gyakrabban találkozunk egy szóval, annál valószínűbb, hogy tartozik hozzá egy bejegyzés a lexikonban. PINKER és PRINCE modellje szerint olyan esetekben, amikor a lexikon bejegyzései csak korlátozott mértékben hozzáférhetőek (pl. valamilyen sérülés vagy pusztán a szó ritkasága miatt) a szabályos alakok létrehozása zavartalan, míg a rendhagyó alakok nem hozhatók létre, és ezekre is a szabályt alkalmazzuk.

Ezt a jelenséget támasztja alá az is, hogy a tíz leggyakoribb ige az angolban mind rendhagyó, és a legritkább igék 98,2%-a szabályos (egymillió szavas korpuszon nézve). Hasonló eredményre jutott MICHAEL ULLMAN is (PINKER 1998). Egyik kísérletében a kísérleti személyek egy olyan listát kaptak, amelyen rendhagyó és szabályos igék jelen idejű (szótő) és múlt idejű alakjai voltak. A kísérleti személyeknek a szavak természetességéről kellett döntést hozniuk. ULLMAN azt találta, hogy a szabályos alakok jelen és múlt idejű alakjáról hozott döntés erősen korrelált (0,6), függetlenül az ige előfordulásának gyakoriságától. Ezzel szemben a rendhagyó igék múlt és jelen idejű alakjára vonatkozó döntés gyengén korrelált egymással, valamint korrelált az ige gyakoriságával is. Tehát amíg a ritka szabályos formák is természetesnek (vagy másképp nyelvtanilag helyesnek) hatnak, a ritka rendhagyó formák nem tűnnek természetesnek (PINKER 1998).

Az angol nyelvben egyértelműen többségben vannak a szabályos igék (a szabálytalan igék száma körülbelül 180, míg a szabályosaké több ezer). A németben a szabályos igék az összes igének körülbelül 45%-át adják. Még szembevetőbb a szabályos-szabálytalan különbség a többes szám létrehozásakor. A németben a főneveket toldalékolásuk alapján 5 csoportba sorolhatjuk (-e, -er, -en, -s, nincs toldalék). A -s formát az összes főnévnek körülbelül a hét százalékára alkalmazzák, azonban mégis ez az -s toldalék járul a furcsán hangzó főnevekhez, illetve az idegen nyelvből átvett főnevekhez. A német gyerekek is gyakran túláltalánosítják az s-t, így ez alapján úgy tűnik, hogy a német többes szám létrehozásakor ez a szabályos (default) toldalék. Ez a jelenség így hasonló mintázatot mutat, mint a jóval nagyobb típusgyakoriságú szabályos angol múlt idő létrehozása. Tehát a gyermek a konnekcionista modellek állításával szemben az erős gyakorisági hatás ellenében is képes létrehozni egy szabályt. Ezek szerint nem igaz a konnekcionista kutatók állítása, mely szerint azért tűnik szabálynak a szabályos alakok létrehozása során alkalmazott -ed végződés, mert az olyan gyakran fordul elő az igék közt. A német nyelvű vizsgálatok alapján úgy tűnik, hogy az igék és főnevek kisebbségben lévő csoportjaira alkalmazott szabály is kiterjeszhető tehát új, ismeretlen, furcsa szavakra. (CLAHSEN, SONNENSTUHL és BLEVINS 2003)

PLÉH CSABA és LUKÁCS ÁGNES (2002) magyar mintán végzett kutatásaiban különböző szótőosztályú főnevek többes számú alakjának létrehozását vizsgálta. A magyar főnevek különböző tőtípusokba sorolhatók különböző morfológiai tulajdonságaik alapján. Ezek közül a szótőosztályok közül három (szabályos) produktív, négy pedig nem produktív (nem szabályos) tőosztályú. A produktív tőosztályok jelentős priming hatást mutattak. Ez azt támasztja alá, hogy a magyarban a szabályos és a szabálytalan alakok feldolgozása és tárolása eltérő nyelvi mechanizmusok eredménye. Egy másik vizsgálatban a produktív tövű (szabályos formák) és az improduktív ragozású (szabálytalan formák) szétválását produkciós helyzetben (papír-ceruza teszt) is bizonyították, ahol különböző kitalált, nem létező főneveknek kellett a többes számát létrehozni más-más kontextusokban.

A szavak és szabályok elmélet és az azt alátámasztó nyelvészeti és pszicholingvisztikai bizonyítékok megismerése után a következő részben ismertetjük a szavak és szabályok elméletből származó legfontosabb, idegrendszeri bizonyítékokkal is alátámasztott elképzelést: ÜLLMAN procedurális – deklaratív modelljét, amely a szavak és szabályok elmélet egy lehetséges agyi hátterét vizsgálja.

3 A procedurális-deklaratív modell és idegrendszeri háttere

3.1 A procedurális-deklaratív modell elméleti háttere

MICHAEL T. ULLMAN procedurális-deklaratív modellje (ULLMAN 2001) szerint a mentális lexikon egy deklaratív emlékezeti rendszer. Ez a memóriarendszer felelős a tények és az események, valamint az egyszerű szótövek, ragok és együtt elraktározott komplex kifejezések emléknymainak tárolásáért. A mentális nyelvtan pedig a lexikon elemeit szabályvezérelt kombinációk révén alakítja komplex reprezentációkká. Ennek a két rendszernek (a mentális lexikonnak és a mentális nyelvtannak) más-más idegrendszeri struktúrák felelnek meg. A két rendszer idegrendszeri különültségét képző eljárások, elektrofiziológiai adatok, szerzett és fejlődési neuropszichológiai elváltozások vizsgálataiból származó adatok segítségével támasztják alá. Először felvázoljuk az idegrendszeri területek jellegzetes különültségét, majd a döntő kísérleti bizonyítékokat soroljuk fel.

Az ullmani modell fő állítása a következő: a procedurális folyamatok, tehát a nyelvtan az anterior területekhez kötődik, a lexikon és a deklaratív rendszer pedig poszterior régiókhoz. A procedurális memóriafeladatok végrehajtása közben az agy homloklebenyében, a bazális ganglionokban és a kisagyban jelentkezik aktivitás. A deklaratív rendszer anatómiájának leírásakor az agy hátsó területei közül elsődlegesen a temporális régiókat kell megemlíteni. A halántéklebeny és az alatta elhelyezkedő kéreg alatti struktúrák (pl. a hippocampus, lásd alább), illetve egyes parietális régiók jelentik ennek a rendszernek az idegrendszeri hátterét.

A procedurális emlékezeti rendszer a szenzori-motoros és kognitív *készségek* (pl. biciklizés, tükörkép alapján történő rajzolás stb.) elsajátításáért és használatáért felelős. Ezt a rendszert gyakran nevezik implicit emlékezeti rendszernek, mivel mind az elsajátított tudás, mind az elsajátítási folyamat tudattalanul történik. ULLMAN a procedurális rendszert is széleskörűen fogja fel, beleérti a tanulási folyamatot, a reprezentációt és az implicit tudás használatát is.

A procedurális memória alatt a szabály alapú viszonyok tanulását és használatát értik. (KNOWLTON, MANGELS és SQUIRE 1996). Viszony alatt értjük például az egyes, megtanult elemek egymásutániségének mintázatát. A procedurális rendszer különösen fontos szerepet tölt be az olyan helyzetekben, ahol ingerek egy adott szekvenciáját kell megtanulni. A szekvenciák jellegüket tekintve szenzori-motorosak vagy kognitívak lehetnek (ALDRIDGE és BERRIGE, 1998). (A szenzori-motoros szekvenciák elsajátítása során egy adott mozdulatsor rögzül, a kognitív szekvenciák elsajátítása során pedig egy megfigyelt rendszer (pl. mesterséges nyelvtan, lásd lent) elemeinek szabályszerű ismétlődései tárolódnak el. A külön-

bőző szekvencialitási feladatok eltérő absztraktsági szinttel rendelkeznek. Például egy zenemű egymásután következő hangjainak sorrendisége lényegesen absztraktabb szekvencia, mint az, amit egy ember ugyanennek a zenének a hallgatása során a lábával dobol).

A tanulás a procedurális rendszerben fokozatos (ahogy egyre jobban tudunk korcsolyázni), és nincs olyan gyors tanulás, mint a deklaratív rendszerben (mint például az egyszer látott archoz a *Mari* név társítása). A szabályvezérelt viszonyok rugalmatlanok, és nem hozzáférhetők más mentális rendszerek számára, így fodori értelemben – szemben a deklaratív memóriával – információsan enkapszuláltak (SQUIRE és ZOLA 1996). Így a szabályok felhasználása gyors és automatikus. A procedurális emlékezetet és tanulást vizsgáló kísérletekben megfigyelt válaszreakció elsősorban nem a kísérleti személy tudatos kontrolljának köszönhető (SACHTER 1998).

3.2 A procedurális rendszer idegrendszeri háttere

A procedurális rendszerhez tartozó idegrendszeri struktúrák elsősorban anterior területek működéséhez köthetőek. A frontális régiók (beleértve a Broca területet is), a bazális ganglionok és a kisagy együtt lényeges szerepet játszanak a procedurális folyamatokban.

A bazális ganglionok. A bazális ganglionoknak az eddigi kutatások alapján többek között a következő kognitív funkciókban van szerepe (ULLMAN 2004 alapján): implicit procedurális tanulás, valószínűségi szabálytanulás, szekvencia-tanulás, munkamemória folyamatok.

A Broca terület. A bazális ganglionokon kívül a Broca terület a másik lényeges, procedurális rendszerért felelős agyi terület. A Broca terület a frontális lebenyhez tartozik, és elsősorban a beszédprodukcióban van szerepe. A fenti gondolatmenet szerint ez lehet a bazális ganglionok egyik agykérgi projekciós területe. A Broca terület aktivációja figyelhető meg az alábbi feladatokban (ULLMAN 2004 alapján): szekvenciatanulási feladat, mentális forgatás teszt, nem motoros szekvenciák tanulása, olyan munkamemória feladat, amelyben fonológiai szekvenciákat kellett tanulni.

A kisagy. A bazális ganglionokon és a kérgi területeken kívül a procedurális rendszer neurális hátteréhez hozzátartozik a kisagy is. Tradicionálisan kisagyi funkciók a motoros tanulás és a gördülékeny mozgáskoordináció. A kisagnak ezen kívül a következő kognitív folyamatokban van még szerepe: procedurális folyamatok, motoros szekvenciók, valamint a megtanult szekvenciák on-line változtatásában, mentális rotációs feladatokban, fontos szerepet játszhat motoros

időztési funkciókban, a mentális figyelem kontrolljában és koordinációjában és hibázás alapú tanulásban, a hibák detektálásában.

Tehát a bazális ganglionoknak, a Broca területnek és a kisagynak is szerepe van a hierarchikusan szerveződő, procedurális szekvencialitási feladatokban, ami ULLMAN modelljében a nyelvtani rendszer alapját képezi. A következőkben a lexikonért felelős deklaratív rendszer idegrendszeri hátteréről lesz szó.

3.3 A deklaratív rendszer idegrendszeri háttere

A deklaratív emlékezet magába foglalja az eseményekről (az epizodikus emlékezetben) és tényekről (szemantikus emlékezetben) való tudás reprezentációját, használatát és tanulását. A deklaratív emlékezet nem enkapszulált modul, mivel az általa feldolgozott információ (legalábbis egy része) tudatosan (explicit módon) elérhető.

Anatómiai szempontból a medio-temporális lebeny felel a deklaratív memóriáért.

A deklaratív memóriarendszer felel a kódolási, konszolidációs, felismerési és felidézési funkciókért, valamint tárolja az idioszinkretikus, specifikus tudást. ULLMAN szerint a deklaratív memória része a lexikon is, a nyelv azon komponense, amely a szavakhoz kapcsolódik. Pontosabban ez a rendszer felelős (a tényeken és eseményeken felül), a szavak reprezentációjáért és elsajátításáért, magába foglalja a szavak jelentését, a hangalak-jelentés párokat és absztrakt kategóriákat is. Tartalmaz morfémákat (köztük a szabályos alakok képzéséhez szükségeseket) és összetett kifejezéseket is. Itt tárolódnak a rendhagyó alakok és a különösen gyakran használt szabályos alakok is.

3.4 A procedurális – deklaratív modell idegrendszeri bizonyítékai

A procedurális–deklaratív modell mellett számos bizonyíték szól az idegrendszer strukturális és funkcionális felépítését vizsgáló kutatások alapján. Ezek a kutatások igazolják a procedurális–deklaratív rendszer és a nyelvi funkciók közötti kapcsolatokat. A következő részben felvázoljuk a kutatások fontosabb eredményeit a bennük alkalmazott módszerek szerint csoportosítva őket. Ennek során az 1. táblázatban összefoglalt eredményeket fejtjük ki részletesen.

Adattípus	Altípus	Sérülés/mérés	Tünetek	Múltidő-képzés
Funkcionális vizsgálatok	Kiváltott potenciál (EEG)	Frontális területek	Broca-aktivitás	Szabályos
	Képkalkotó vizsg. (PET)	Poszterior régiók	N400	Szabályos
		Frontális területek	Broca aktivitás	Szabályos
		Bazális ganglionok	aktivitás	Szabályos
		Cerebellum	aktivitás	Szabályos
	Hátsó területek	Temporo-parietális akt.	Rendhagyó	
Afáziák	Anterior afázia (AA)	Sylvius-árok környéke, basali ggl.	Agrammatizmus, artikulációs zavarok	Rendhagyó könnyebb
	Poszterior afázia (PA)	Temporo-parietális területek	Szótalálási zavarok	Szabályos könnyebb
Neurodegeneratív betegségek	Alzheimer-kór (AD)	Mediotemporális, parietális régiók	Szótalálási zavarok	Szabályos könnyebb
	Parkinson-kór (PD)	Homloklebeny és basalis ggl. összeköttetés	Mondatmegértési zavar, agrammatizmus	Rendhagyó könnyebb
	Huntington-kór (HD)	basalis ganglionok pusztulása	Túlzottan aktív szabályok, többszörös toldalékolás nem megy	Mindkettő sérült
Fejlődési rendelenségek	Specifikus nyelvi zavar (SLI)	?	Szabályos alakok is külön tárolódnak	Túlkompensáció

1. táblázat: A procedurális – deklaratív rendszer szétválásának idegrendszeri bizonyítékai

(ULLMAN et al. 1997, valamint PLÉH és LUKÁCS 2002 alapján)

3.3.1 Agyi képkalkotó eljárások

Az agyi képkalkotó eljárások lényege, hogy az agyi vérátáramlásban bekövetkező változásokból próbálnak következtetni az egyes agyterületek aktivitására különböző feladatok végzése során. Összegezve a releváns kutatásokat, bizonyítottnak tekinthetők az alábbiak:

- a lexikai tudás és a nem lexikai konceptuális/szemantikai tudás reprezentációja és feldolgozása erősen korrelál a temporális/ temporo-parietális régiók aktivációjával (DAMASIO et al. 1996, NEWMAN, PANCHEVA, OZAWA, NEVILLE és ULLMAN 2001),
- a ventro-laterális prefrontális kéreg és a Broca terület aktivitása nem csupán procedurális memóriával kapcsolatos feladatok során aktiválódik, hanem szintaktikai feldolgozást vizsgáló feladatokban is. (CAPLAN, ALPERT és WATERS 1998, EMBICK, MARANTZ, MIYASHITA, O'NEIL és SAKAI 2000, FRIEDERICI 2002, MORO et al. 2001, NI et al. 2000),
- a BA44 operkuláris része a nyelvi feldolgozás központjaként működik (FRIEDERICI 2002),

- a szintaktikai feldolgozás aktiválja a szupplementer motoros frontális területeket, SMA-t (CAPLAN, ALPERT és WATERS 1998, NEWMAN et al. 2001), valamint a bazális ganglionokat, különösen a nucleus caudatus nucleust (MORO et al. 2001),
- valamint az anterior superior-temporalis gyrust (MEYER, FRIEDERICI, és von CRAMON 2000, NI et al. 2000). Érdekes módon a szavakhoz tartozó lexikálisan tárolt szintaktikai tudás előhívása (pl. ige lehetséges argumentumai) az inferior-temporalis kérget aktiválta (KUPERBERG et al. 2000).

3.3.2 Eseményhez Kötött Agyi Kiváltott Potenciálok (EKP)

Az eseményhez kötött agyi kiváltott potenciálok (EKP) az agy bizonyos feladatok során mutatott elektromos aktivitást írják le. Ennek a módszernek az az előnye, hogy jó idői felbontásban írja le az agyműködést. Az EKP vizsgálatokban az inger bemutatása utáni elektromos változásokat figyelik. Ezeket a változásokat polaritásuk és az inger bemutatása után eltelt idő alapján írják le (pl. az ingerbemutatás után 400 ms-mal bekövetkező negatív változást N400-nak nevezik).

Több vizsgálat kötötte az N400 hullámot a temporális lebeny aktivitásához (KIEHL, LAURENS és LIDDLE 2002). E vizsgálatok szerint az N400 a deklaratív memória működéséhez köthető (ULLMAN 2001). MÜNTE és munkatársai (1998) angol igék szabályos és rendhagyó múlt idejű alakjainak előfeszítő hatását vizsgálták az adott ige jelen idejű alakjára vonatkoztatva. Azt találták, hogy a szabályos igék esetén volt változás az N400 hullámban, míg a rendhagyó esetén nem. Ezt az eredményt azzal magyarázzák, hogy a szabályos múlt idejű forma esetén dekompozíció megy végbe (*ige + -ed*), és emiatt jelentkezik előfeszítés. A nyelvtan és a lexikon szétválásának hasonló bizonyítékait találták spanyol anyanyelvűek EKP vizsgálataiban (RODRIGUEZ-FORNELLS, MÜNTE és CLAHSSEN 2002).

3.3.3 Neuropszichológiai eredmények

A bal halántéklebeny, illetve temporo-parietális területek sérülése következtében kialakuló poszterior afázia egyik legkifejezettebb tünete a főleg az igékre és főnevekre kiterjedő szótalálási zavar. A poszterior afáziás betegek a szabályos múlt idejű alakok képzésében jobban teljesítenek, mint a rendhagyó formák előállításánál, mivel az agysérülés következtében a memóriafüggő lexikon károsodott, míg a szabályos alakok képzéséért felelős területek érintetlenek maradtak. Kitalált igék esetén, bár jó teljesítményt nyújtanak a betegek, produkciójukban megjelennek tévesen szabályos alakok. A betegek grammatikai képessége és beszédértése általában jó (ULLMAN 2001).

Ezzel szemben az elülső területek (Broca terület és szomszédos régiók, bazális ganglionok) sérüléséből adódó anterior afázia egyik legjellemzőbb tünete az agrammatizmus. Az érintett személyek hajlamosak a nyelvtani elemek hibás használatára, elhagyására. Az anterior afáziás betegek a rendhagyó alakok képzésében mutattak jobb teljesítményt a szabályos formákkal szemben. Ezt a szabályok és implicit folyamatokért felelős frontális területek sérülésével magyarázzák. A poszterior afáziás személyekkel ellentétben az anterior afáziás betegeknél sohasem jelentek meg tévesen szabályos múlt idejű formák kitalált igék esetén (ULLMAN 2001).

PINKER és ULLMAN (2002) által idézett kutatásokban anterior (elülső agyi területen sérült) és poszterior (hátsó területen sérült) betegekkal végzett vizsgálatot, melyben a kísérleti személyeknek szabályos (*look-looked – néz-nézett*) kitalált (*plag-plagged – jelentés nélküli*) és szabálytalan igék (*dig-dug – ás-ásott*) múlt idejű formáit kellett létrehozniuk. A szabályos és a kitalált igék képzéséhez az *-ed* toldalékoló szabály alkalmazása szükséges. Viszont a szabálytalan múlt idejű formákat a lexikonból kellett előhívni.

A szótanulási zavart mutató poszterior afáziások és a deklaratív memória általános sérülésével járó Alzheimer-kóros betegek többen hibáztak a szabálytalan alakok produkciójában, mint a szabályosakéban. Az anterior afáziások és a Parkinson-kóros betegek viszont a szabálytalan formáknál mutattak jobb teljesítményt.

A motoros inaktivitást és a szabályalkalmazás hiányát mutató Parkinson-kóros betegekkal szemben a Huntington-kórban szenvedő vizsgálati személyeket a túlzott motoros aktivitás és a felesleges szabályalkalmazás jellemezte. Ez megerősíti azt a feltételezést, hogy a bazális ganglionok szerepet játszanak a grammatikai feldolgozásban.

Tehát a bazális ganglionok hipoaktivitása jelenik meg parkinsonos betegeknél, ami együtt jár a szabályos alakok képzésének problémáival (az *-ed* végződés elmarad), míg a Huntington-kóros betegeknél az *-ed* rag megkettőződését tapasztalják. A nyelvtani feladatokban mutatott hibázások és a bazális ganglionok működése közötti kapcsolat bizonyítottnak tekinthető (ULLMAN et al., 1997).

3.3.4 Fejlődési rendellenességek

A specifikus nyelvi elmaradás (Specific Language Impairment, SLI, magyarul még: fejlődési diszfázia) vizsgálata fontos adatokkal járul hozzá a nyelvelsajátítás megismeréséhez. Az általánosan elfogadott felfogás szerint az SLI olyan fejlődési zavar, melynél nincsenek perifériás problémák a nyelvvel kapcsolatban (mint halláskárosodás), a nem verbális kognitív funkciók sem sérülnek (nincs mentális deficit), neurológiai és szociális (autizmus, gyermekkori skizofréria) problémák

nem tapasztalhatók. A specifikus nyelvi károsodással élők egyetlen problémája a nyelvi fejlődésben jelentkező elmaradás. (PLÉH 2001, BENASICH és TALLAL 2002). Az SLI felosztásának egy lehetőségét adja VAN DER LELY és munkatársai (1999). Ők elkülönítenek egy olyan alcsoportot az SLI-on belül, ahol elsődleges deficit mutatkozik nyelvtani rendszerben, viszont az auditoros rendszer és más kognitív képességek nem sérültek. Ezt a csoportot G-SLI-nak nevezik, s számításaik szerint az összes SLI-os gyermek tíz-húsz százaléka ebbe az alcsoportba sorolható.

PINKER és PRINCE (1988) szerint az SLI-ban szenvedő gyermekeknél sérül a szabályok elsajátítása, ezért ők a szabályos alakok tanulásánál (a rendhagyó alakok elsajátításával megegyezően) asszociatív mechanizmusokkal kompenzálnak. Ezért náluk a múlt idejű alakok használata esetleges: ugyanolyan eséllyel használják a helyes, mint a hibás alakot. Ezért a nehézséget okozó alakok képzésénél jellemző a nehéz elemeket kerülő stratégia, illetve a lexikonra való támaszkodás.

A procedurális–deklaratív modell bizonyítékainak áttekintése után a procedurális/deklaratív felosztást összekapcsoljuk az emlékezet implicit/explicit felosztásával. Ismertetjük az implicit tanulás vizsgálatának néhány módszerét, majd amellet érvelünk, hogy ezek a módszerek felhasználhatóak a nyelvi folyamatok vizsgálatában, és új típusú bizonyítékot szolgáltathatnak a szavak és szabályok elmélet alátámasztására.

4 Az implicit tanulás

4.1 A procedurális/deklaratív-implicit/explicit rendszerek

Az előzőekben MICHAEL ULLMAN procedurális–deklaratív modelljének procedurális folyamataira voltunk kíváncsiak. Elsősorban arra, hogy ez a rendszer hogyan függ össze a nyelvtani feladatok feldolgozásával, tehát magával a nyelvtani rendszerrel.

A procedurális/deklaratív rendszernek többé-kevésbé átfedő analógiája az explicit/implicit rendszer. A különbség abban rejlik, hogy míg a procedurális/deklaratív modell megalkotásában nagyobb szerepe volt a neuropszichológiai esetek vizsgálatának (SQUIRE 1992), addig az implicit/explicit folyamatok közötti különbséget az emlékezeti és tanulási folyamatok tudatossági szintje határozza meg.

Hagyományosan a deklaratív emlékezet a mediotemporális régióhoz kötődik, melynek sérülése olyan amnéziát okoz, melyben az esetek többségében az explicit emlékezet és/vagy tanulás sérül. A mediotemporális régióon kívül eső területekhez kötődő tanulási és emlékezeti folyamatok tartoznak a nem deklaratív (procedurális) rendszerhez. Ide sorolhatók például a frontális és szubkortikális területek.

Az implicit/explicit rendszer SCHACTER értelmezésében elsősorban az emlékezőnyomok tudatos felidézésével áll kapcsolatban. Ebben a felfogásban az implicit emlékezőnyom a tudatos felidézéstől független folyamatokra utal (SCHACTER 1998).

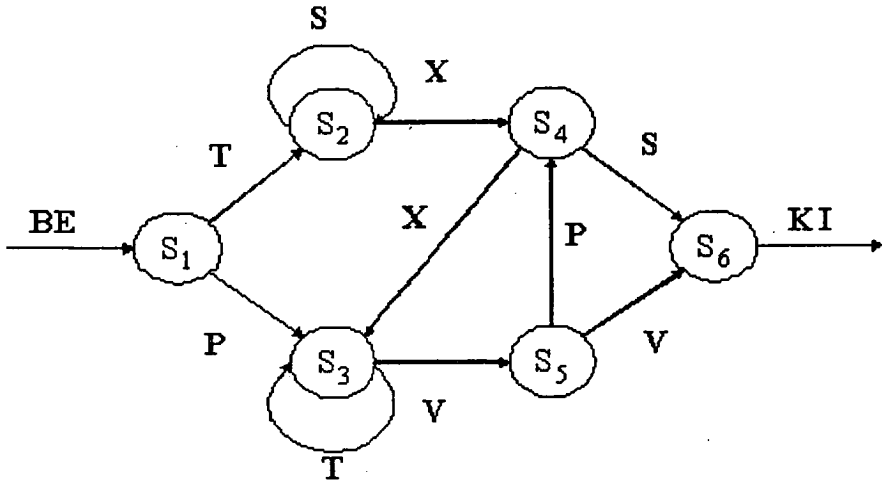
Az implicit rendszer ismertetésekor bemutattuk, hogy elkülöníthető egymástól a tanulási folyamat és az emlékezőnyom teljesítmény, és hogy ez a distinkció elsősorban módszertani alapokra támaszkodik. Az emlékezőnyom helyzetben az alanyok egyedi ingereket jegyeznek meg, tanulás során pedig ingerek közötti mintázatokat, szabályokat. Az emlékezőnyom helyzetben az inger, míg a tanulásnál az ingerek kapcsolata nem tudatos. Általánosítva az implicit tanulás az implicit emlékezőnyom részeként értelmezhető. ULLMAN modellje szerint az implicit memória használata, emlékezőnyom és tanulási folyamatai a procedurális rendszer repertoárjába tartoznak.

A fentiek alapján az implicit folyamatokat tágra értelmezhetjük. Számos kutató ekvivalensként kezeli az implicit/explicit rendszert és a procedurális /deklaratív rendszert, illetve az implicit tanulás és az implicit emlékezőnyom. Ennek módszertani oka van: az implicit tanulási feladatok alkalmasak a procedurális rendszer operacionalizálására. A következőkben rövid betekintést nyújtunk az implicit tanulás vizsgáló eljárásokba, majd bemutatjuk a kutatásunk során felhasznált módszert.

4.2 Mesterséges nyelvtan tanulás (*artificial grammar learning*)

Az implicit tanulás gyakran használt vizsgálóeljárásai a mesterséges nyelvtan tanulás. REBER (1967) kísérletében a személyek mássalhangzókból álló sorozatokkal találkoznak, melyeket egy véges állapotú szabály alapján generálnak (lásd 1. ábra).

Az ilyen nyelvtan véges számú állapotból (körök) és az egyes állapotokból a másikba vezető utakból (nyilak) áll. Egy betűsorozat generálásához az S_1 állapotból elindulva a nyilak mentén haladhatunk. Minden útválasztással egy betűt választunk, mely a sor következő betűje lesz. Az ábrán látható szabály alapján a nyelvtanilag helyes alak például a TSSSXS betűsor, míg a helytelen (non-grammatical) az XSST. Egy adott nyelvtanból véges számú adott hosszúságú, helyes betűsor képezhető.



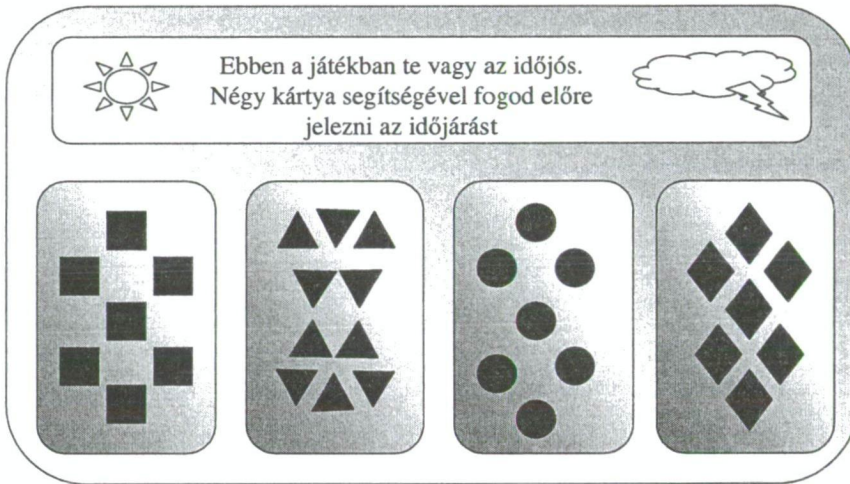
1. ábra.: Egy véges állapotú mesterséges nyelvtan kifejezőgenerátora
(REBER et al. (1991) alapján)

REBER és munkatársai a vizsgálatokban általában maximum nyolc betű hosszúságú sorokat használnak. Az ábrán látható nyelvtan alapján 43 ilyen, maximum nyolc betű hosszúságú sor képezhető. A kísérletek két részből állnak. A személyek a kísérlet első részében nyelvtanilag helyes betűsorokat látnak, vagy ilyen betűsorokat kell megtanulniuk, anélkül, hogy informálva lennének a betűsorokat jellemző szabályokról. A kísérlet második felében a nyelvtanról elsajátított tudást tesztelik. A kísérletvezetők felhívják az alanyok figyelmét, hogy a korábban látott betűsorok egy speciális nyelvtan alapján készültek, majd a feladatot kapják, hogy különböző betűsorokról döntsék el, hogy azok helyesek vagy helytelenek. A kísérleti személyek a véletlennél nagyobb arányban – általában 60–65%-ban válaszolnak helyesen a feladatra, mely a nyelvtan nem elhanyagolható szintű elsajátítását mutatja (DIENES, BROADBENT és BERRY 1991).

Azzal együtt, hogy a személyek ilyen szinten képesek teljesíteni a diszkriminációs feladatban, a korai vizsgálatok azt mutatták, hogy arról egyáltalán nem tudnak beszélni, hogy döntéseiket mi alapján hozták létre. A feladaton nyújtott teljesítmény és a beszámolásra való képtelenség vezette REBERT arra a megállapításra, hogy a személyek implicit módon tettek szert a nyelvtanról alkotott tudásukra. (Töredékes információk váltak explicitté a feladatban, melynek a tanulási teljesítményt növelő értéke az egyes kutatók szerint különböző.)

4.3 Valószínűségi kategorizációs tanulás (probabilistic classification learning – PCL)

KNOWLTON, SQUIRE és GLUCK (1994) dolgozták ki a PCL módszert, mely valószínűségi mintázatok alapján szervezett ingerekkel dolgozik. A kísérleti személy egy, kettő vagy három elemből álló ingersort lát a képernyőn, majd kb. 2 másodperccel az ingersor megjelenése után megjelenik egy jel: eső vagy nap. Az ingerek síkidomok (lásd **2. ábra**).



2. ábra: Valószínűségi kategorizációs feladat illusztrációja
(GÖNCZI 2004 alapján)

Négyféle síkidomból választódnak ki az egyes ingersorozatok, így összesen 14-féle összeállítás lehetséges. Miután a kísérleti személy a 14 lehetséges síkidomsorozat egyikét meglátja a képernyőn, jósolnia kell, hogy szerinte nap vagy eső következik a síkidomsorozat után. Miután jóslt, megjelenik az esőnek vagy napnak a jele (tehát a helyes válasz), majd jön egy újabb síkidomsor. A kísérlet után 50 síkidomsor jelenik meg, tehát ugyanennyiszor kell a kísérleti személynek jósolnia is. (Az időjós szerepét játssza el.) Ez tehát egy egyszerű tippelős feladat.

A síkidomsorozat és a nap, illetve eső megjelenése azonban nem véletlenszerű viszonyban állnak egymással. Mind a 14 lehetséges síkidomsorhoz kapcsolódik egy valószínűségi érték, mely azt mutatja, hogy az adott sor után milyen arányban jelenik meg nap. Kilencféle valószínűségi érték tartozhat egy sorhoz: 100%, 86%, 75%, 60%, 50%, 40%, 25%, 14% és 0%. Az 50 bemutatás során ilyen arányban

jelenik meg az adott síkidomsor után nap, értelemszerűen a többi esetben esőt lát a kísérleti személy.

KNOWLTON és munkatársai (1994) vizsgálatukban arra voltak kíváncsiak, hogy ilyen helyzetben a személyek milyen mértékben sajátítják el ezt a rejtett szabályosságot. Az elemzés során éppen ezért nem a találatok arányára voltak kíváncsiak, hanem arra, hogy az 50 próba során a személyek hányszor válaszoltak a valószínűségi szabálynak megfelelően. Találatnak ezek alapján nem az számít, ha helyesen jósolta meg a sorozatot követő időjárást, hanem az, ha napot jósolt azoknál a sorozatoknál, amelyeknél a nap megjelenési valószínűsége 50% fölött volt és azoknál, ahol az eső megjelenési valószínűsége kisebb volt, mint 50%. Ennek a feladattípusnak az előnye az, hogy a kísérleti személyeknek szinte semmi explicit tudásuk nincs döntéseik mértéjéről, annak ellenére, hogy jelentős tanulás történik.

4.4 Összetett rendszerek kontrollálása

BROADBENT és BERRY (1984) olyan feladathelyzeteket dolgozott ki, melyekben a személyeknek szimulált életszerű helyzeteket kellett kontrollálniuk. Az egyik feladatban egy cukorfinomító üzemet kellett irányítani a kísérleti személynek. Az általa szabályozható változó a dolgozók száma volt, a cukorgyár teljesítménye pedig visszajelzésként szolgált. A cél a minél nagyobb teljesítmény elérése volt. A kísérleti személyek által nem ismert szabály a következő volt: teljesítmény = $2X$ (munkaerő) – (előző próba során a teljesítmény) + random faktor. A kísérleti személyek az egymást követő próbák során egyre jobb teljesítményt produkáltak, miközben nem voltak képesek beszámolni a szabályról. Nem volt összefüggés a feladaton mutatott teljesítmény és a rendszerről alkotott explicit tudás között. BROADBENT és BERRY (1984) további helyzetekben (pl. közlekedési rendszer; személy hangulata) is megvizsgálta a személyek ilyen jellegű képességét, és minden vizsgálat megerősítette elképzelésüket, hogy a szabályt a személyek a tudatosság élményétől függetlenül képesek elsajátítani.

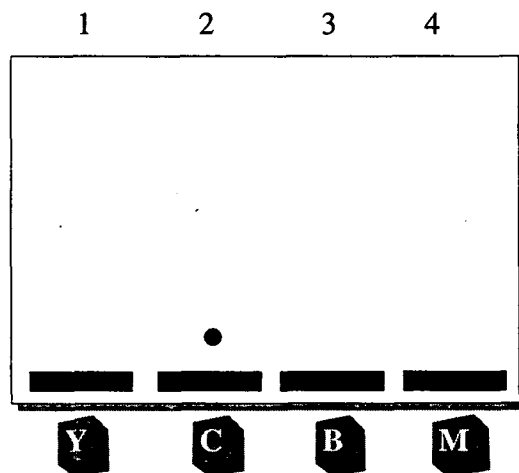
4.5 Sorozatos reakcióidő feladatok

Az utolsóként bemutatott módszer, mely a nem-tudatos tanulás melletti bizonyítékokkal szolgál, a komplex szekvencia tanulás. Ezt a módszert számtalan kutatásban használták és használják mostanában is (pl. WILLINGHAM, NISSEN és BULLEMER 1989, CLEERMANS, DESTREBECQZ, BOYER 1998). Jelenleg ez a legigéretesebb és legjobban használható módszer az irodalomban (CURRAN 1995).

A jellegzetes szekvencia tanulási helyzetben az inger egy képernyőn vízszintesen elhelyezett négy hely valamelyikén (pl. NISSEN és BULLEMER 1987),

vagy a képernyő valamelyik negyedében jelenik meg. A kísérleti személyeket úgy informálják, hogy a feladat egyszerű reakcióidő-feladat, miközben az ingerek megjelenése egy kötött szekvenciát követ. A vizsgálatok során a kutatók azt tapasztalták, hogy a személyek megtanulták a szabályt anélkül, hogy arról be tudtak volna számolni, vagy egyáltalán tudatosult volna bennük, hogy van valamilyen szabály.

A két klasszikus módszer egyikét NISSEN és BULLEMER (1987) fejlesztette ki. A klasszikus sorozatos reakcióidő feladatban (serial reactiontime – SRT) a képernyő alsó részén lévő négy vonal (1-2-3-4) valamelyike fölött jelent meg egy fénypont (lásd 3. ábra).



3. ábra: Az SRT program
(GÖNCZI 2004 alapján)

A fénypontok egy 10 tagú sorozat szerint ismétlődnek (4-2-3-1-3-2-4-3-2-1) a kísérleti csoportnak, míg random módon egy kontrollcsoportnak. NISSEN és BULLEMER azt találta, hogy az ismétlődő sorozattal gyakorló személyek reakcióideje lényegesen csökkent a gyakorlás hatására, míg a random sorozattal találkozó kontrollcsoport teljesítménye nem változott. Sőt, amikor a kísérleti csoport által gyakorolt sorozatot megváltoztatták, a reakcióidő visszaugrott az alapszintre, miközben a személyek nem tudtak beszámolni a sorozatról. A 10 itemes helyzettel szemben viszont felmerül a kritika, hogy a kísérleti személyek (mivel a 10 nem osztható négygyel, és így bizonyos helyeken gyakrabban villan fel a jelzés) gyakorisági döntéseket hoznak, szemben a szabályalkalmazással. Emiatt vezették be később a 12-es sorozatokat, ahol minden párosítás csak egyszer fordul elő (1-2, 2-4, 4-3, 3-1). Ezt a módszert használtuk mi is vizsgálatunkban.

5 Kísérlet

5.1 Kísérleti személyek

37 egészséges, magyar anyanyelvű személy vett részt kísérletünkben. Életkoruk 18 és 28 év közötti (átlag 20,24). Nemi megoszlás: 7 férfi (19%), 30 nő (81%). Az adatok felvétele három alkalommal történt. A kísérleti személyek egy bevezető pszichológia kurzus keretében vettek részt a kísérletben.

5.2 Módszer

Kísérletünkben a NISSEN és BULLEMER (1989) által kidolgozott szeriális reakció-idő-mérő feladatot alkalmaztuk, ahol 12-es sorozatokat alkalmaztunk. Az SRT feladatok végrehajtása közben a kísérleti személyek párhuzamos feladatokat végeztek. Az SRT feladat végrehajtását háromfajta párhuzamos feladattal kombináltuk. Az elsőben szavakat, a másodikban mondatokat, a harmadikban összeadásokat olvastunk fel. Ezekről kellett a kísérleti személyeknek helyességi döntést hozniuk.

Az első feladat ingerkészlete 60 szónégyes volt, amelynek a fele tartalmazott egy álszót. Minden szó kétszótagú volt. A kísérleti személynek jeleznie kellett azokat a szónégyeseket, amelyben álszó volt, illetve jeleznie kellett a szónégyes helyességét is. Ellenkező esetben hibázás történt. A szavak a kísérletben szintaxis nélküli szósorokat jelentenek.

A második feladat ingerkészlete 60 mondatot tartalmazott, amelyek felében valamilyen hibázás volt. Ezek lehetnek pragmatikai, szemantikai, szintaktikai, morfológiai, fonológiai jellegű hibázások. A kísérleti személynek itt is helyességi döntést kellett hoznia.

A harmadik feladat ingerkészlete 60 egyszerű összeadásból állt. Az összeadásokban három tíz alatti szám és az összeadás eredménye szerepelt. A kísérleti személynek az eredmény helyességét kellett megítélnie. Ez a lista is fele arányban tartalmazott helytelen eredményeket. Az összeadások szintén szintaxis nélküli szósorokként jelentek meg, az összefüggés az egyes elemek között nem nyelvtani jellegű volt.

Az adatok elemzéséhez az SPSS programot használtuk fel.

5.3 Eljárás

A NISSEN és BULLEMER (1987) által kifejlesztett klasszikus sorozatos reakcióidő feladat egy továbbfejlesztett változatát használtuk, amelyben a képernyő alsó részén lévő négy vonal (1-2-3-4) valamelyike fölött jelent meg egy fénypont (lásd

3. ábra). A fénypontok egy 12 tagú sorozat szerint ismétlődnek (1-3-4-2-3-1-4-2 stb.). A kísérleti személyek azt a feladatot kapták, hogy minél gyorsabban jelezzék a pont helyét a vonalnak megfelelő billentyű megnyomásával (Y, C, B, M). A pont a billentyű lenyomása után változtatott helyet. A kísérleti személyek külön utasítást kaptak arra, hogy az ujjaikat megfelelő módon tartsák a billentyűzeten. A fenti kötött sorozat 11-szer ismétlődött meg egy feladaton belül, majd utolsóként egy random sorozat következett. Minden egyes sorozat után nagy STOP felirat jelent meg a képernyőn, amikor a kísérleti személyeknek lehetőségük volt belátásuk szerint pihenni.

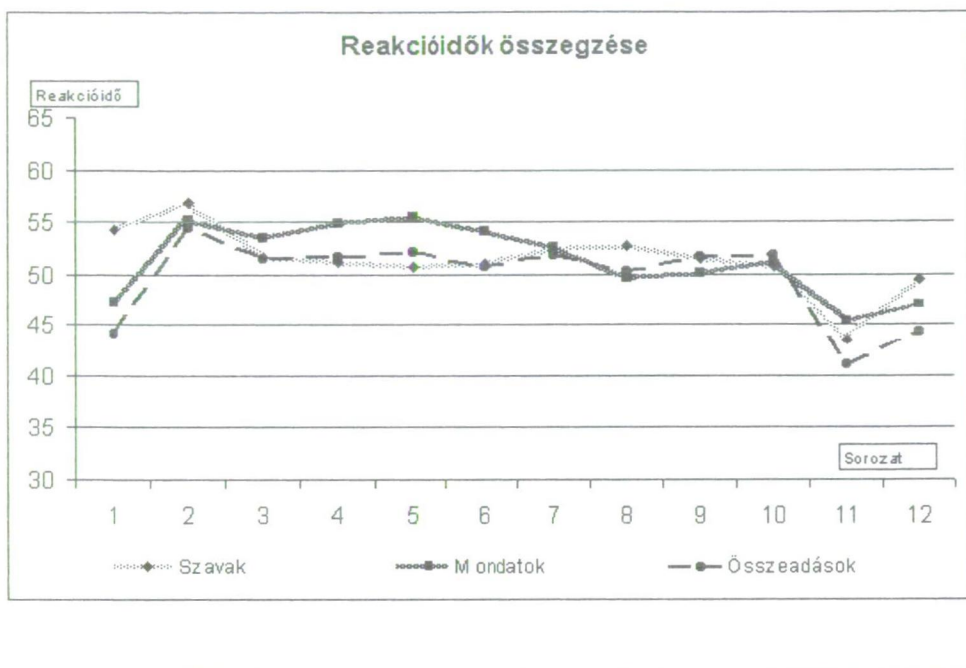
A teljes kísérlet három, 12 sorozatot tartalmazó feladatból állt. Az egyes feladatokban a sorozatok nehézsége azonos mértékű volt. Minden egyes feladatnál volt egy párhuzamos terhelő feladat, amely az első bemelegítő, illetve az utolsó két sorozatnál elmaradt. Ez utóbbira azért volt szükség, mivel ennek a két sorozatnak a teljesítménykülönbsége alapján lehet a tanulás mértékét kiszámítani. A párhuzamos feladatokban a kísérletvezető által felolvasott itemek helyességéről kellett döntést hoznia a kísérleti személynek. Mindezek után rögzítettük a reakcióidőket és a hibázásokat.

A vizsgálat elvégzéséhez az ImpLab© nevű programcsomag SRT modulját (készítette GÖNCI, NAGY és ACZÉL 2003) használtuk.

5.4 Eredmények

A különböző párhuzamos terheléses kondíciókban mutatott tanulási különbséget a 11. és a 12. sorozat átlag reakcióidőinek különbségeként határoztuk meg. Az átlagokat páros t-próbával hasonlítottuk össze. Szignifikáns különbségeket kaptunk a Szavak*Mondatok összehasonlításban ($t=2,625$ $p=0,014$), és ugyancsak szignifikáns különbséget kaptunk a Összeadások*Mondatok összehasonlításban ($t=-2,704$ $p=0,012$). Mindkét esetben a Mondatok kondícióhoz tartozó reakcióidő volt a lassabb. Nem találtunk szignifikáns különbséget a Szavak*Összeadások összehasonlítás során ($t=1,978$ $p=0,059$). A reakcióidő-átlagok összegzését a 4. ábra tartalmazza.

A hibázások mérőszámának a hibás item / felolvasott item arányszámot tekintettük. A hibázások átlagának összehasonlításához szintén páros t-próbát használtunk. A párhuzamos terhelési feladatokban a hibázásokat vizsgálva a fentiekhez hasonló mintázatot találtunk. A Mondatok kondícióban szignifikánsan több hiba mutatkozott, mint a Szavak ($t=-7,482$ $p<0,001$) vagy az Összeadások ($t=5,189$ $p<0,001$) kondícióban. Nem találtunk szignifikáns különbséget a Szavak*Összeadások átlagainak összehasonlításakor ($t=-0,555$ $p=0,583$).



4. ábra: A sorozatok reakcióidőinek összegzése

5.5 Megbeszélés

Az adatok alapján megállapíthatjuk, hogy a mondatmegértési feladat szignifikánsan növeli a reakcióidő átlagokat implicit tanulási helyzetben, szemben a szintaxis nem tartalmazó párhuzamos feladatokkal. A nyelvtani feladatban megemelkedett reakcióidő átlagok arra utalnak, hogy az implicit tanulás és a nyelvtani megértés összefüggésben állnak egymással. Ezek szerint az implicit szekvencia-tanulás és a mondatmegértés azonos kognitív rendszereket terhel. Ezzel szemben a szintaxis nélküli egymás után következő szavak feldolgozása nem rontotta le szignifikánsan az implicit tanulási teljesítményt. Ez az eredmény a PINKER és ULLMAN modell alapján a mentális nyelvtantól független lexikon működésére utal, mely nem terheli a procedurális, nyelvtani rendszert. Ez újabb bizonyítékul szolgál a procedurális folyamatok és a nyelvtani feldolgozás összefüggéseire.

Vizsgálatunk pszicholingvisztikai módszerekkel támasztotta alá PINKER és ULLMAN procedurális/deklaratív modelljét. Különlegességét az adja, hogy eddig implicit tanulási (és emlékezeti) feladatokat nem vizsgáltak párhuzamos nyelvtani terhelés mellett. Kísérletünk több szempontból is hiánypótló: 1. az implicit tanulást kutatók számára betekintést nyújt a nyelvi párhuzamos terhelési feladatok és az implicit tanulás összefüggéseibe. 2. a procedurális–deklaratív modell támoga-

tását nyújtja implicit tanulási feladatokban. 3. közvetlenül szekvenciatanulási teljesítményt vizsgál, ami a neurológiai és képpalkotó eljárások által gyűjtött adatokat új aspektusból támasztja alá.

Kísérletünk nem tisztázza kimerítően az explicit folyamatok szerepét. Következő lépésként explicit tanulási helyzet mellett alkalmazzuk a szavak, összedások és mondatok párhuzamos terhelő feladatokat. Hipotézisünk szerint a három terhelési feladat körülbelül azonos módon változtatja az explicit tanulási teljesítmény mintázatát.

6 Összefoglalás

Dolgozatunkban áttekintést nyújtottunk azokról a modellekről, melyek a nyelvi folyamatokat egységes rendszerként értelmezik. CHOMSKY generatív modellje és a MCCLELLAND RUMELHART modell számos olyan nehézséggel küszködik, amit PINKER és PRINCE kettős modellje képes áthidalni azáltal, hogy ötvözi a két szélsőséges elmélet erősségeit. PINKER és PRINCE kettős modelljének idegrendszeri lehorgonyzását ULLMAN procedurális–deklaratív modellje nyújtja, amelyben anterior területeket kapcsol a grammatikához és poszterior területeket a mentális lexikonhoz. ULLMAN modelljét elektrofiziológiai, képpalkotó, neuropszichológiai és fejlődési zavarokat vizsgáló eljárások eredményei is alátámasztják. A procedurális–deklaratív modellt támogató pszicholingvisztikai és implicit folyamatokat egyaránt vizsgáló kutatás eddig nem született. Kísérletünkben seriális reakcióidő feladathoz párhuzamos terhelésként nyelvtani feladatot adtunk. Eredményeink arra utalnak, hogy szemben a szintaktikai struktúrával nem rendelkező párhuzamos feladatokkal, a nyelvtani feldolgozást igénylő mondatok szignifikánsan rontották az implicit tanulási teljesítményt. Ez az eredmény igazolni lát-szik a nyelvtani feldolgozás és a procedurális rendszer közötti kapcsolatot, újabb alátámasztását nyújtva a procedurális/deklaratív modellnek.

Köszönetnyilvánítás:

Békési Adriennek, aki a kísérlet lefolytatásában nyújtott segítséget.

Felhasznált irodalom

- ALDRIDGE, J. W., BERRIDGE, K. C. (1998): Coding of serial order by neostriatal neurons: a "natural action" approach to movement sequence. *Journal of Neuroscience* 18(7) 2777–2787.
- ALEXANDER, G. E., CRUTCHER, M. D. (1990): Functional architecture of basal ganglia circuits: neural substrates of parallel processing. *Trends in Neuroscience* 13(7) 266–271.
- BERRY, D. C., BROADBENT, D. E. (1984): On the relationship between task performance and associated verbalizable knowledge. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology* 36A 209–231.
- CLAHSEN, H., SONNENSTUHL, I., BLEVINS, J. P. (2003): Derivational morphology in the German mental lexicon: a dual mechanism account. In: Baayen, H. Schreuder, R. (szerk.), *Morphological structure in language processing*. Mouton de Gruyter, Berlin
- CLAHSEN, H. (1999): Lexical entries and rules of language: A multidisciplinary study of German inflection. *Behavioral and Brain Sciences* 22. 991–1060.
- CLARK, A. (1999): *A megismerés építőkövei*. Osiris Kiadó, Budapest
- CLEEREMANS, A., DESTREBECQZ, A., BOYER, M. (1998): Implicit learning: news from the front. *Trends in Cognitive Sciences* 2(10) 406–416.
- CURRAN, T. (1995): On the neural mechanisms of sequence learning. *Psyche* 2(12) (a cikk online változatban elérhető a URL:<http://psyche.cs.monash.edu.au/volume2-1/psyche-95-2-12-sequence-1-curr.html> címen)
- DAMASIO, H., GRABOWSKI, T., TRANEL, D., HICHTWA, R., DAMASIO, A. (1996): A neural basis for lexical retrieval. *Nature* 380. 499–505.
- DIENES, Z., BROADBENT, D. E., BERRY, D. C. (1991): Implicit and explicit knowledge bases in artificial grammar learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, & Cognition* 17. 875–882.
- EMBICK, D., MARANTZ, A., MIYASHITA, Y., O'NEIL, W., SAKAI, K. L. (2000): A syntactic specialization for Broca's area. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 97. 6150–6154.
- FRIEDERICI, A. (2002): Towards a neural basis of auditory sentence processing. *Trends in Cognitive Sciences* 6(2) 78–84.
- GÖNCZI D. (2004, előkészületben): *Az implicit tanulás kutatás módszereinek validitás-vizsgálata*. szakdolgozat, ELTE Pedagógiai és Pszichológiai Kar
- JANKOVIC, J., TOLOSA E. (szerk.): *Parkinson's disease and movement disorders (2nd edition.)* MD: Williams and Wilkins, Baltimore
- KIEHL, K. A., LAURENS, K. R., LIDDLE, P. F. (2002): Reading anomalous sentences: an event-related fMRI study of semantic processing. *Neuroimage* 17. 842–850.
- KNOWLTON, B. J., MANGELS, J. A., SQUIRE, L. R. (1996): A neostriatal habit learning system in humans. *Science* 273. 1399–1402.
- KNOWLTON, B. J., SQUIRE, L. R., GLUCK, M. (1994): Probabilistic classification learning in amnesia. *Learning and Memory* 1. 106–120.
- KUPERBERG, G. R., MCGUIRE, P. K., BULLMORE, E. T., BRAMMER, M. J., RABE-HESKETH, S., WRIGHT, I. C., LYTHOGOE, D. J., WILLIAMS, S. C. R., DAVID, A. S. (2000): Common and distinct neural substrates for pragmatic, semantic, and syntactic processing of spoken sentences: an fMRI study. *Journal of Cognitive Neuroscience* 12. 321–341.
- MCCAWLEY, J. D. (1989): *A The Sound Pattern of English* ismertetése. In: Siptár P. (szerk.) *Modern fonológiai szöveggyűjtemény I.*, Tankönyvkiadó, Budapest. (eredetiben: „The Sound Pattern of English by Noam A. Chomsky and Morris Halle. New York: Harper and Row, 1968.” *International Journal of American Linguistics* 40. 50–88.)

- MCCLELLAND, J. L., PATTERSON, K. (2002): Rules or connections in past-tense inflections: what does the evidence rule out? *Trends in Cognitive Sciences* 6. 465–472.
- MCCLELLAND, J. (1992): Can Connectionist Models Discover the Structure of Natural Language In Morelli R., Miller Brown W., Anselmi D., Haberlandt, K., Lloyd, D. (1992). *Minds, Brains & Computers: Perspectives in Cognitive Science and Artificial Intelligence*. Ablex Publishing Corporation, Norwood
- MEYER, M., FRIEDERICI, A. D., VON CRAMON, D. Y. (2000): Neurocognition of auditory sentence comprehension: event related fMRI reveals sensitivity to syntactic violations and task demands. *Cognitive Brain Research*. 9. 19–33.
- MIDDLETON, F. A. & STRICK, P. L. (2000): Basal ganglia output and cognition: evidence from anatomical, behavioral, and clinical studies. *Brain and Cognition* 42(2). 183–200.
- MORO, A., TETTAMANTI, M., PERANI, D., DONATI, C., CAPPÀ, S. F. & FAZIO, F. (2001): Syntax and the brain: disentangling grammar by selective anomalies. *Neuroimage* 13(1). 110–118.
- MÜNTE, T. F., SAY, T., CLAHSSEN, H., SCHILTZ K., KUTAS, M. (1999): Decomposition of morphologically complex words in English: evidence from event-related brain potentials *Cognitive Brain Research* 7. 241–253.
- NEWMAN, A. J., PANCHEVA, R., OZAWA, K., NEVILLE, H. J., ULLMAN, M. T. (2001): An event-related fMRI study of syntactic and semantic violations. *Journal of Psycholinguistic Research* 30(3). 339–364.
- NISSEN, M. J., BULLEMER, P. (1987): Attentional requirements of learning: Evidence from performance measures. *Cognitive Psychology* 19. 1–32.
- Ni, W., Constable, R. T., Menci, W. E., Pugh, K. R., Fulbright, R. K., Shaywitz, S. E., Gore, J. C., SHANKWEILER, D. (2000): An event-related neuroimaging study distinguishing form and content in sentence processing. *Journal of Cognitive Neuroscience* 12(1) 120–133.
- PINKER, S. (1998): Words and rules. *Lingua* 106. 219–242.
- PINKER, S. AND PRINCE, A. (1988): On language and connectionism: analysis of a parallel distributed processing model of language acquisition. *Cognition* 28. 73–193.
- PINKER, S., ULLMAN, M. T. (2002): The past and future of the past tense. *Trends in Cognitive Sciences* 6(11) 456–463.
- PLÉH CS., LUKÁCS Á. (2002): A szabályok és a kettős disszociációs elv a nyelv agyi reprezentációjában. In: Vizi E. Szilveszter, Altrichter F., Nyíri K. és Pléh Cs. (szerk.) *Agy és tudat*. BIP: Budapest
- PLÉH CS. (2001): A nyelvi fejlődés elmaradásának elméletei és a magyar gyermeknyelvi fejlődés. *Gyógypedagógiai Szemle Különszám* 1. 12–36.
- REBER, A. S. (1967): Implicit learning of artificial grammars. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behaviour* 6. 855–863.
- RODRIGUEZ-FORNELLS, A., MÜNTE T. F., CLAHSSEN H. (2002): Morphological Priming in Spanish Verb Forms: An ERP Repetition Priming Study. *Journal of Cognitive Neuroscience* 14(3) 443–454.
- RUMELHART, D. E., MCCLELLAND, J. L. (1986): On learning the past tenses of English verbs. In McClelland, J. L., Rumelhart, D. E. & the PDP Research Group (szerk.), *Parallel distributed processing: explorations in the microstructures of cognition*. Bradford/MIT Press, Cambridge
- SCHACTER, D. L. (1998): *Emlékeink nyomában*. Háttér Kiadó, Budapest
- SEIDENBERG, M. S. AND ELMAN, J. L. (1999): Networks are not 'hidden rules' *Trends in Cognitive Sciences* 3. 288–289.

- SEIDLER, R. D., PURUSHOTHAM, A., KIM, S. G., UGURBIL, K., WILLINGHAM, D., ASHE, J. (2002): Cerebellum activation associated with performance change but not motor learning. *Science* **296**. 2043–2046.
- SQUIRE, L. R., ZOLA, S. M. (1996): Structure and function of declarative and nondeclarative memory systems. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* **93**. 13515–13522.
- SQUIRE, L. R. (1992): Memory and the hippocampus: A synthesis from findings with rats, monkeys, and humans. *Psychological Review* **99**. 195–231.
- ULLMAN, M. T. (2004): Contributions of memory circuits to language: the declarative/procedural model. *Cognition* **92**. 231–270.
- ULLMAN, M. T. (2001): A neurocognitive perspective on language: the declarative/procedural model. *Nature Reviews Neuroscience* **2**. 717–726.
- ULLMAN, M. T., CORKIN S., COPPOLA M., HICKOK G., GROWDON J. H., KOROSHETZ W. J. PINKER, S. (1997): A Neural Dissociation within Language: Evidence that the Mental Dictionary is Part of Declarative Memory, and that Grammatical Rules Are Processed by the Procedural System. *Journal of Cognitive Neuroscience* **9**. 266–276.
- VAN DER LELY, H. (1999): Learning from Grammatical SLI: Response to J. B. Tomblin and J. Pandich. *Trends in Cognitive Sciences* **8(1)** 286–288.
- WILLINGHAM D. B., NISSEN M. J., AND BULLEMER P. (1989): On the development of procedural knowledge. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition* **15**. 1047–1060.
- YOUNG, A. B., PENNEY, J. B. (1993): Biochemical and functional organization of the basal ganglia. In: Jankovic, J., Tolosa, E. (szerk.) *Parkinson's disease and movement disorders (2nd edition)*. Williams and Wilkins, Baltimore

Abstract

The main purpose of this research is to study the relationship between implicit learning and sentence processing. The authors present a dual-task experiment, in which the subject's implicit learning was measured by a serial reaction time (SRT) task, and at the same time subjects were tested on sentence processing, word processing, and mathematical tasks. Results show that implicit learning is significantly worse when the parallel task was sentence processing than when it was either nonword-detection or counting. These findings are interpreted in the framework of Pinker and Ullman's procedural/declarative.