

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Pszichológia Doktori Iskola – Kognitív Tudomány

Háden Gábor Péter

**A ZENEÉSZLELÉST MEGALAPOZÓ PERCEPTUÁLIS KÉPESSÉGEK
VIZSGÁLATA
(PROBING PERCEPTUAL CAPABILITIES UNDERLYING MUSIC
PERCEPTION)**

Doktori értekezés tézisei

Témavezető:
Dr. Winkler István

Budapest, 2011

Előzmények és célkitűzések

A dolgozat általános célja, hogy fényt derítsen arra a kérdésre: Mely, a zene észlelését megalapozó képességek működnek már születéskor? A zeneészlelés nyilvánvalóan olyan magasabb kognitív funkció, amelyet több képesség alapoz meg, azonban e képességek és a zeneészlelés kapcsolatának természete nem triviális. Hasonlóan más magasabb kognitív funkciókhoz, a zeneészlelés is összetett interakcióként értelmezhető az információfeldolgozás veleszületett lehetőségei és korlátai, az elérhető információt meghatározó fizikai és kulturális korlátok valamint a tanulás folyamata között, amelyből az információfeldolgozás kvalitatív és kvantitatív különbségei bomlanak ki a tapasztalatok hatására az idő folyamán. A zene komplex jellege ellenére azonosíthatóak a hallási percepció általános folyamatai, amelyek a szükségesek a zeneészlelés megalapozásához. Ezen folyamatok funkcionális felépítése és egyedfejlődése is alapvető információt szolgáltat a tanulás zenében betöltött szerepével kapcsolatban. Elektrofiziológiai módszerek használatával a hagyományos viselkedéses módszerekkel elérhetetlen információforrások válnak felhasználhatóvá. Az EN (eltérési negativitás) paradigmák felnőtteknél hozzáférést biztosítanak a hallási feldolgozás korai lépéseire, viszonylag függetlenül a figyelemtől illetve a zenei ismeretektől. Újszülötteknél hasonló paradigmák alkalmazhatóak a születéskor is meglévő feldolgozási képességek vizsgálatára, amelyek egyébként rejtve maradnának az újszülöttek meglehetősen korlátozott viselkedéses válaszaiban.

Az észlelés tanulmányozása közvetlenül a születés után lehetővé teszi a rendszer „alapállapotának” megfigyelését (legalábbis az explicit tanulást tekintve), bár nem szabad megfeledkezni a méhen belüli tapasztalatok fontosságáról sem. Ennek az „alapállapotnak” az ismerete lehetővé teszi a zeneészlelés kifejlődésének jobb megértését az alapvető építőkövek azonosításával, illetve a különböző fejlődési szakaszok összehasonlításának elősegítésével. Az egyes képességek veleszületettsége eldönthető a csecsemők közvetlenül születés utáni

vizsgálatával. Elméletileg ez a megközelítés bizonyítékokat szolgáltathat a zenei feldolgozás moduláris és terület-specifikus elméletei mellett, azonban a disszertációban vizsgált képességek jelentős része alapvetőbb feldolgozási folyamatokkal foglalkozik, amelyek valószínűleg egyszerre játszanak szerepet a zenében és más hang-alapú kommunikációs formákban.

A fenti elvek alapján a disszertáció tézisei a zene két egyformán fontos területének egyes aspektusait vizsgálják. Az I. és II. tézis a dallamészleléssel, míg a III., IV. és V. tézis a ritmusészleléssel kapcsolatban fogalmazódott meg.

Új tudományos eredmények

I. Tézis: Relatív hangmagasság változás észlelés újszülötteknél (I.)

A hangok emelkedő és süllyedő hangmagasságú sorozata dallamkontúrként értelmezhető, függetlenül az abszolút hangmagasságtól és részben a hangmagasság változás méretétől (Dowling, 1978; Edworthy, 1985). A hangmagasság változások relatív méretének észlelése szükséges a dallam felismeréséhez zenei kontextusban és a beszéd prozódia észleléséhez is. A felnőttek képesek kiemelni a relatív hangmagasság információt (Paavilainen et al., 1999; Tervaniemi et al., 2006) és az újszülöttek is érzékenyek a hangmagasság változások irányára (Carral et al., 2005).

A vizsgálatban az újszülöttek azon képessége került tesztelésre, hogy képesek-e a hangközök méretének észlelésére, függetlenül a hangok abszolút hangmagasságától. EEG felvétel készült, mialatt olyan hangpárok sorozat került bemutatásra, ahol a hangpárok közötti hangköz állandó volt, de az abszolút hangmagasságuk több előre meghatározott szint között véletlenszerűen változott. Ezt a szabályos sorozatot időnként megtörték olyan hangpárok, ahol a pár elemei közötti hangköz nagyobb volt. Ha az újszülöttek képesek a hangközök méretét egy absztrakt szabályosságként reprezentálni (az abszolút hangmagasság változása ellenére), akkor a ritkán bemutatott nagyobb hangközű pároknak egy EN-szerű választ kell kiváltaniuk. Az EN-szerű kiváltott válasz jelenléte arra utal, hogy az újszülöttek képesek voltak a hangközöket reprezentálni. Mivel a nagyobb hangközű párok kiváltottak EN-szerű válaszokat, ezért arra következtethetünk, hogy az újszülöttek a hangköz információt a felnőttekhez hasonlóan dolgozzák fel.

II. Tézis: Hangszín-független hangmagasság kiemelés újszülötteknél (II.)

Az észlelt hangokból a hangmagasságon kívül más fontos spektrális információ is kiemelhető (pl. McAdams et al., 1995; Handel, 2006). A felnőttek képesek a hangmagasság és a hangszín információ szétválasztására (Semal & Demany, 1991, 1993; Krumhansl & Iverson,

1992) és ezáltal képesek felismerni ugyanazt a zenei hangot, amit két különböző hangszer játszik, vagy felismerni egy szót, amit két különböző beszélő mond ki. A hangmagasság és hangszín információ kiemelése fontos a zeneészleléshez és a nyelv elsajátításához is.

A vizsgálat célja annak kimutatása volt, hogy az újszülöttek képesek hangmagasság információt kivonni függetlenül a hangszín változásaitól. A rezonátor méret, a hangszín egyik aspektusa, véletlenszerűen változott minden hangon egy egyszerű hangmagasság kakukktojás elrendezésben. Az újszülöttekből kiváltott válaszokat vezettünk el. Ha a gyakori alacsony hangmagasságú sztenderdek között bemutatott ritka hangmagasság deviánsok, a rezonátor méret random változásai ellenére, EN-szerű válaszokat váltanak ki, az bizonyíték az újszülöttek hangszín-független hangmagasság feldolgozása mellett. Az eredmények alapján az újszülöttek függetlenül reprezentálják a hangmagasságot a hangszíntől.

III. Tézis: Idői csoportosítás az újszülöttek hallásában (III.)

Egy hallási jelenetben a hangok magasabb rendű szabályosságok alapján csoportosíthatóak. Ezek a szabályosságok információt közvetíthetnek például a hangforrásokról és hallási objektumok létrehozásával reprezentálhatják a környezetet (Bregman, 1990). Korábbi vizsgálatok szerint az újszülöttek képesek a lokális hangtulajdonságok valószínűségének reprezentálására, azaz diszkriminatív válaszokat adnak ritka deviáns ingerekre, amelyeket szabályos standard hangok sorában mutatnak be (összefoglalóként lásd pl. Cheour, Leppänen & Kraus, 2000; He, Hotson & Trainor, 2007). A felnőttek képesek hangsorokból kiemelni olyan magasabb rendű szabályosságokat, mint például hangmagasság-mintázatok ciklikus ismétlődése (Sussman, Ritter & Vaughan, 1998; Sussman et al., 2002; Sussman & Gumenyuk, 2005). Ez a képesség elősegíti olyan hierarchikus hang-reprezentációk kialakítását, amelyek szükséges előfeltételei számos komplex funkciónak, köztük a ritmusészlelésnek (Lerdahl & Jackendoff, 1983).

A jelen kísérlet célja az volt, hogy megvizsgálja, az újszülöttek képesek-e csoportokat létrehozni ciklikusan ismétlődő hangmagasság-mintázatokból. EEG felvétel készült, miközben az újszülötteknek kakukktojás hang-sorozatokat játszottunk le. A sorozatok vagy véletlenszerűek voltak, vagy egy ciklikusan ismétlődő mintát tartalmaztak. A kakukktojás hangok felbukkanási valószínűsége 20% volt mindkét típusú sorozatban. Ha az újszülöttek hallórendszere csak a lokális valószínűséget használja a deviánsok észleléséhez, akkor a kakukktojásoknak mindkét sorozatban EN-jellegű válaszokat kell kiváltania. Ha létrejön csoportosítás, akkor a kakukktojások az ismétlődő mintájú sorozatban részévé válnak egy magasabb rendű szabályszerűségnek és nem váltanak ki EN-t. Az ismétlődő mintájú sorozatban a kakukktojás ingerek nem váltottak ki EN-szerű válasz, ami fontos, bár indirekt bizonyítéka annak, hogy az újszülöttek csoportosítják a hangokat a ciklikus ismétlődés alapján.

IV. Tézis: Metrum feldolgozás felnőtteknél (IV.)

A metrum és taktus (ütem) észlelés képessége képezi a ritmusészlelés alapját (Lerdahl & Jackendoff, 1983). A taktusok észlelésének képessége legegyszerűbben úgy definiálható, mint egy szabályos tempójú lüktetés észlelésének képessége. Az metrum észlelés pedig több, különböző tempójú szabályos taktus hierarchikus rendezésének képessége. A metrikus szembeötlőség (saliency) az egyes pozíciók tulajdonsága egy ritmikus mintában, ami a felütéstől (az első ütemtől) a hierarchián belüli távolság határozza meg. A metrikus szembeötlőség meghatározza egy adott ütem fontosságát egy ritmus meghatározásában (Lerdahl & Jackendoff, 1983; London, 2002).

A jelen kísérlet célja az volt, hogy viselkedéses és kiváltott válasz módszerekkel vizsgáljuk, hogy a zeneileg képzetlen felnőttek automatikusan feldolgozzák-e a metrikus szembeötlőséget. A vizsgálathoz egy ritmikus hang-mintázatot használtunk, amelynek egyes, metrikus szembeötlőség szempontjából különböző ütemeit kihagytuk. Azok a mintázatok,

amelyekben a ritmus szempontjából fontos kihagyások történetek kakukktojásként lettek bemutatva olyan mintázatok között ahol a kihagyás egy metrikusság szempontjából kevésbé szembeötlő helyen történt. A metrikus szembeötlőség különböző szintjei az elképzeléseink szerint hatnak a reakcióidőre és az érzékenységre is egy kihagyás-észlelési feladatban. Hasonlóképp a metrikus szembeötlőség hathat a kihagyások által kiváltott EN-válasz amplitúdójára és látenciájára is, olyan helyzetben ahol nincs hanggal kapcsolatos feladat és olyan helyzetben is, ahol egy egyidejű hallási feladatot végeznek a kísérleti személyek. Az eredmények nem világosak a figyelem a metrum-észlelésre tett hatásával kapcsolatban, mivel az egyidejű feladatvégzés során a figyelemfüggő N2b komponens átfedheti az EN komponenst. Az érzékenység és a kiváltott válaszok látenciája is alátámasztotta az ingerek szétválasztását metrikus szembeötlőség alapján, a reakcióidőn valamint a kiváltott válaszok amplitúdóján azonban csak tendencia-szerű hatást találtunk.

V. Tézis: Ütemészlelés újszülötteknél (V.)

Az ütem indukció, egy szabályos ütemhez vagy lüktetéshez szinkronizálódás képessége, alapvető szerepet játszik a metrum-észlelésben (Lerdahl & Jackendoff, 1983), de segíthet a kommunikatív aktusok koordinációjában is (Jaffe et al., 2001). A gyerekek és a felnőttek is képesek metrikus kategóriák kialakítására (induló vs. keringő, Hannon & Trehub, 2005) és képesek ráhangolódni egy szabályos ütemre (Drake, 1993; Repp, 2005; Philips-Silver & Trainor, 2005). Nem világos azonban, hogy az újszülöttek is képesek-e ezekre.

A kísérlet célja annak vizsgálata volt, hogy az újszülöttek képesek-e az ütem indukcióra. Ritmusos mintázatokat mutattunk be alvó újszülötteknek, időnként kihagyva a legmagasabb metrikus szembeötlőséggel rendelkező pozícióban (a felütésnél) egy ütemet, illetve más kevésbé szembeötlő pozíciókban egy ütemet. Ha az ütem indukció megtörténik újszülöttekben, akkor egy magasabb amplitúdójú EN-szerű komponenst várhatunk a metrikusan szembetűnő pozíciókra eső kihagyásoknál, szemben a kevésbé szembetűnő

pontokra eső kihagyásokkal. A válaszokat egy fizikailag azonos kontrol ingerrel is összehasonlítottuk. Az eredmények teljes mértékben alátámasztották az ütem indukció jelenlétét újszülöttekben. Egy felnőttekkel végzett kontrol-kísérlet kizárt egy lehetséges alternatív magyarázatot az eredményekre, amely szerint az ingereket hangszerek szerint különböző hangláncokra bontották és a válaszok az egyes hangláncokban előforduló kihagyásokra érkeztek. Külön vizsgálva a feltételezett hangláncokat, a kihagyások nem váltottak ki választ felnőttekben.

Összegzés és kitekintés

A babák a hallási környezet információinak összegyűjtéséhez „jól felszerelve” születnek. Sok tekintetben képességeik összehasonlíthatóak a felnőttek képességeivel, ha pontosságban nem is, de funkcióban igen. A disszertációban bemutatott kísérletek az újszülött hallórendszer szisztematikus feltérképezésének első lépései között vannak. A további kísérleteknek a zeneészlelés területén meg kell próbálni tágabb elméleti kérdéseket vizsgálni a zene eredetével és funkcionális szerveződésével kapcsolatban, valamint az ezekhez kapcsolódó idegrendszer alapokat újszülött korban. A feltételezett, kizárólagosan a zenéhez kapcsolódó, képességek vizsgálata lehet ezeknek a kutatásoknak az egyik fókuszpontja és egy lehetséges célpontja pedig a disszertációban is bemutatott metrum észlelés. Az EN-szerű válaszok újszülötteknél hasznos és bevált eszközei egy ilyen vállalkozásnak, bár önmagukban is további vizsgálatra szorulnak. Végezetül, a zenekutatás integrációja a nyelvkutatással és a szélesebb értelemben vett kommunikáció kutatásával az emberi gondolkodás mélyebb megértéséhez kell, hogy vezessen.

A tézispontokhoz kapcsolódó tudományos közlemények

- I. Stefanics, G., Háden, G. P., Sziller, I., Balázs, L., Beke, A., Winkler, I. (2009) Newborn infants process pitch intervals. *Clinical Neurophysiology* 120. 304-308. DOI: 10.1016/j.clinph.2008.11.020
- II. Háden, G. P., Stefanics, G., Vestergaard, M. D., Denham, S. L., Sziller, I., Winkler, I. (2009) Timbre-independent extraction of pitch in newborn infants. *Psychophysiology* 46 (1), 69-74. DOI: 10.1111/j.1469-8986.2008.00749.x
- III. Stefanics, G., Háden, G., Huotilainen, M., Balázs, L., Sziller, I., Beke, A., Fellman, V., Winkler, I. (2007) Auditory temporal grouping in newborn infants. *Psychophysiology* 44 (5), 697-702. DOI: 10.1111/j.1469-8986.2007.00540.x
- IV. Ladinig, O., Honing, H., Háden, G., Winkler, I. (2009) Probing attentive and pre-attentive emergent meter in adult listeners without extensive music training. *Music Perception* 26(4), 377-386. DOI: 10.1525/MP.2009.26.4.377
- V. Winkler, I., Háden, G. P., Ladinig, O., Sziller, I., Honing, H. (2009) Newborn infants detect the beat in music. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106. 2468-2471. DOI: 10.1073/pnas.0809035106

Felhasznált irodalom

- Bregman, A. S. (1990) Auditory scene analysis: the perceptual organization of sound. Bradford Books, Cambridge, MA.
- Carral, V., Huotilainen, M., Ruusuvirta, T., Fellman, V., Näätänen, R., Escera, C. (2005) A kind of auditory 'primitive intelligence' already present at birth. *European Journal of Neuroscience*, 21, 3201–3204.
- Cheour, M., Leppänen, P. H. T., Kraus, N. (2000) Mismatch negativity (MMN) as a tool for investigating auditory discrimination and sensory memory in infants and children. *Clinical Neurophysiology* 111, 4-16.
- Dowling, W. J. (1978) Scale and Contour: Two Components of a Theory of Memory for Melodies. *Psychological Review*, 85(4), 341-354.
- Drake, C. (1993) Reproduction of musical rhythms by children, adult musicians, and adult nonmusicians. *Perception & Psychophysics*, 53(1), 25-33.
- Edworthy, J. (1985) Interval and Contour in Melody Processing. *Music Perception* 2(3), 375-388.
- Fitch, W. T. (2006) The biology and evolution of music: A comparative perspective. *Cognition*, 100, 173-215.
- Handel, S. (2006) Perceptual coherence: Hearing and seeing, Oxford University Press, New York.
- Hannon, E. E., Trehub, S. E. (2005) Metrical Categories in Infancy and Adulthood. *Psychological Science*, 16(1), 48-55.
- Hauser, M. D., McDermott, J. (2003) Functional brain development in humans. *Nature Neuroscience*, 6, 663-668.
- He, C., Hotson, L., Trainor, L. J. (2007) Mismatch Responses to Pitch Changes in Early Infancy. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 19(5), 878–892.
- Jaffe J., Beebe, B., Feldstein, S., Crown, C. L., Jasnow, M. D. (2001) Rhythms of Dialogue In.: Infancy, Monographs for the Society for Research and Child Development Vol 66, No 2., Blackwell, Boston.
- Justus ,T., Hutsler, J. J. (2005) Fundamental Issues in the Evolutionary Psychology of Music : Assessing Innateness and Domain Specificity . *Music Perception*, 23, 1-27.
- Krumhansl, C., L. Iverson, P. (1992) Perceptual Interactions Between Musical Pitch and Timbre. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*. 18(3), 739-751.
- Kujala, T., Tervaniemi, M., Schröger, E. (2007) The mismatch negativity in cognitive and clinical neuroscience: Theoretical and methodological considerations. *Biological Psychology*, 74 ,1–19.
- Lerdahl, F., Jackendoff, R. (1983). A generative theory of tonal music. MIT Press, Cambridge, MA.
- London, J. (2002) Hearing in time. Oxford University Press, New York.
- McAdams, S., Winsberg, S., Donnadieu, S., De Soete, G., Krimphoff, J. (1995) Perceptual scaling of synthesized musical timbres: common dimensions, specificities, and latent subject classes. *Psychological Research*, 58(3),177-192.

- Näätänen, R., Paavilainen, P., Rinne, T., Alho, K. (2007) The mismatch negativity (MMN) in basic research of central auditory processing: A review. *Clinical Neurophysiology*, 118, 2544–2590.
- Paavilainen, P., Jaramillo, M., Näätänen, R., Winkler, I. (1999) Neuronal populations in the human brain extracting invariant relationships from acoustic variance *Neuroscience Letters*, 265, 179-182.
- Peretz, I., Coltheart, M. (2003) Modularity of music processing. *Nature Neuroscience*, 6(7), 688-691.
- Phillips-Silver, J., Trainor, L. J. (2005) Feeling the Beat: Movement Influences Infant Rhythm Perception. *Science*, 308, 1430.
- Repp, B. H. (2005) Sensorimotor synchronization: A review of the tapping literature. *Psychonomic Bulletin & Review*, 12(6), 969-992.
- Semal, C., Demany, L. (1991) Dissociation of pitch from timbre in auditory short-term memory. *Journal of the Acoustical Society of America*, 89(5), 2404-10.
- Semal, C., Demany, L. (1993) Further evidence for an autonomous processing of pitch in auditory short-term memory. *Journal of the Acoustical Society of America*, 94(3), 1315-1322.
- Sussman, E., Winkler, I., Huutilainen, M., Ritter, W., Näätänen, R. (2002) Top-down effects on the initially stimulus-driven auditory organization. *Cognitive Brain Research*, 13, 393-405.
- Sussman, E., Ritter, W., Vaughan, H.G. (1998) Predictability of stimulus deviance and the mismatch negativity. *NeuroReport*, 9, 4167–4170.
- Sussman, E. S., Gumenyuk, V. (2005) Organization of sequential sounds in auditory memory. *NeuroReport*, 16(13), 1519-1523.
- Tervaniemi, M., Castaneda, A., Knoll, M., Uther, M. (2006). Sound processing in amateur musicians and non-musicians: ERP and behavioral indices. *NeuroReport*, 17, 1225-1228.
- Trehub, S.E., Hannon, E. E. (2006) Infant music perception: Domain-general or domain-specific mechanisms? *Cognition*, 100,73-99.