

A zenei észlelés területei és főbb modelljei

A zenei képességek egyre szélesebb körű nemzetközi és hazai kutatásának köszönhetően az elmúlt években kiemelt figyelem irányult a zenei fejlesztés jótékony hatásaira. A vizsgálatok már nem csupán az iskolás korosztályra korlátozódnak, hanem megjelent az igény a kisgyermek, sőt a csecsemők zenei világának alaposabb megismerésére is. A kapcsolódó képességek fejlődésének alapja a zenei ingerek észlelése, feldolgozása. Jelen tanulmány célja, hogy az észlelés területeiről és rendszeréről átfogó képet biztosítson és rendszerezze a zenei észlelési folyamatok fogalmi kereteit.

A zenei észlelés fogalma

A zenei feldolgozás alapja a zenei hangok érzékelése és észlelése. Bár a köznyelvben a két fogalom gyakran egymás szinonimájaként is megjelenik, fontos a különbségtétel. Az érzékelés során a külvilág fizikai jelei az agy számára feldolgozható jellé alakulnak át, az észlelés során azonban ezekhez az érzékleti mintázatokhoz rendeljük hozzá a környezet ingereit, eseményeit. „Az észlelés tehát magának az emberi elmének a működéséhez kötött olyan folyamat, amelynek biológiai fundamentuma az érzékelés” (Csépe, Győri és Ragó, 2007, 27.o.). Az észlelés során történik az érzékleti információk szervezése, rendszerezése, csoportosítása és értelmezése. A hangok észlelésének fontos paramétere, hogy nem különálló fizikai jellemzőik alapján, hanem egységes egészként érzékeljük őket, tehát ha az adott ingerdimenzió megváltozik, az más észleletek megváltozását is maga után vonja (pl. a magas felhangok száma egyenes arányosságot mutat a hangosságérzéssel) (Pap, 2002).

Koelsch definíciójában a zenei percepció a következőképpen jelenik meg: „A zenei percepció magában foglalja az akusztikus jel analízisét, a hangközviszonyok és a zene szintaktikai és szemantikai feldolgozását, valamint a zene által kiváltott (pre)motoros tevékenységeket.” (Koelsch, 2014, 110. o.) Továbbá a zenei észlelés hat az érzelmekre, aktiválva többek közt a vegetatív idegrendszert, a hormon-és az idegrendszert. A zenei észlelés alapját az akusztikus információ dekódolása képezi (Koelsch, 2014).

A zenei észlelés területeinek megismerése különösen fontos a zenei képességek szempontjából, amelyek szenzitív szakasza már a születés előtt megkezdődik és fejlődésük a legtöbb esetben 8–10 éves korig igen dinamikus (Benedekfi és Buzás, 2016).

A zenei észlelés területei

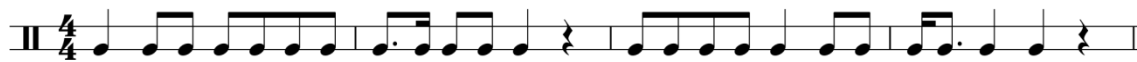
A zenei észlelés fő témaköreit a zene alapvető jelenségei segítségével határozhatjuk meg. A szakirodalom alapján hét észlelési területet érdemes elkülöníteni: (1) a zenei idő, (2) a dinamika, (3) a hangmagasság, (4) a hangközök, (5) a harmónia, (6) a dallam és (7) a hangszín észlelését. Az alábbiakban arra törekszünk, hogy az észlelés területeihez és fejlődésükhöz megfelelő fogalmi kereteket biztosítsunk.

A zenei idő észlelése

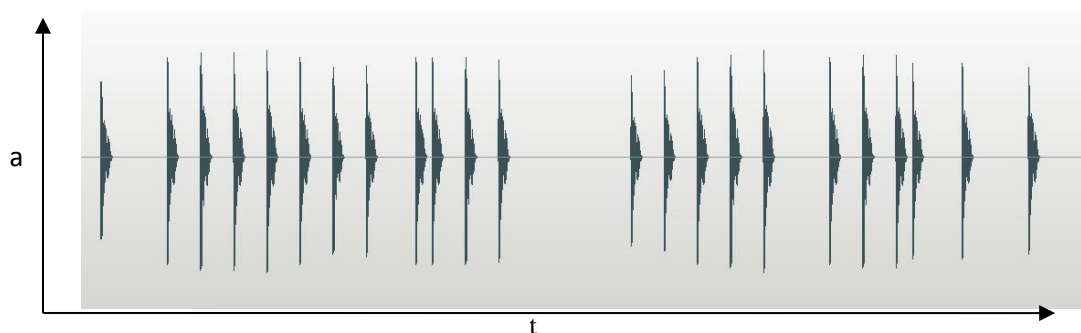
A zenei idő számos zenei jelenség észlelését meghatározza. Ide sorolható a ritmus, a metrum, a tempó, de tágabb értelemben a dallam, mint a hangok időtartamának és frekvenciájának függvénye, valamint a dinamika, mint az egységnyi idő alatt bekövetkező hangerősség változás.

¹ tudományos munkatárs, Liszt Ferenc Zeneművészeti Egyetem Kodály Intézete

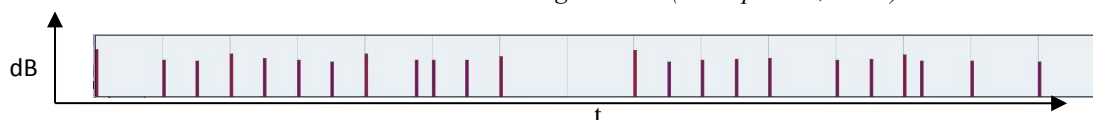
A ritmikai struktúrák észlelésének tanulmányozásakor fontos szem előtt tartani azokat a különbségeket, amelyek az időbeli hangtulajdonságok természetéből erednek. Egy-egy ritmikai mintázat kottaképe, hanghullámainak képe és maga az észlelt hanginger ugyanis lényeges eltéréseket mutat (Honing, 1999; 1–4. ábra).



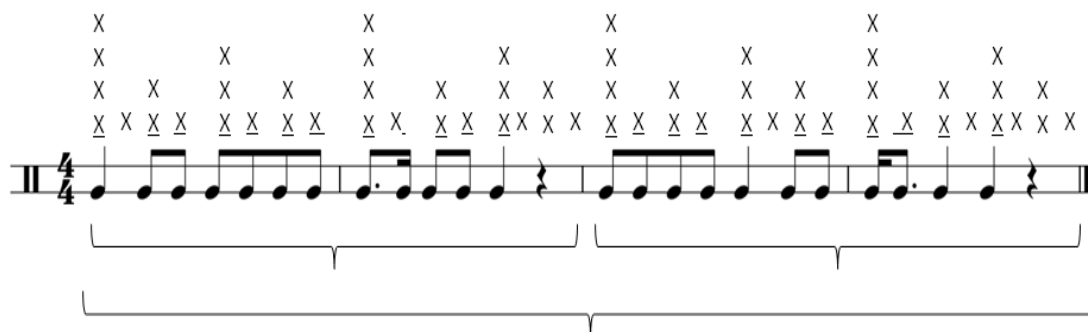
1. ábra: a ritmussor kottaképe



2. ábra: a ritmussor hanghullámjai (a=amplitúdó, t=idő)



3. ábra: a ritmussor megszólaltatásának hangerő-diagrammja (dB=a hangerősség mértéke, t=idő)



4. ábra: ritmussor metrikai hálója (felül) és csoportosítási egységei (alul)

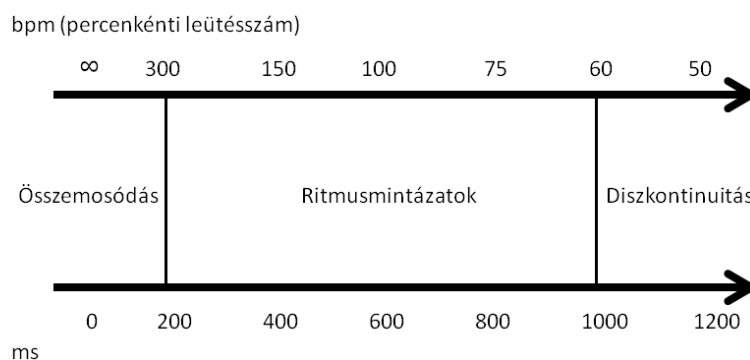
A 1–4. ábrákon megfigyelhető, hogy a metrum, bár az ütemmutató és az ütemvonalak is egyértelműen megjelenítik a kottában, csupán hangzás alapján nem mérhető, a metrumérzet alapja tehát olyan észlelet, amely a befogadóban jön létre (Honing, 1999), hasonlóan a csoportosításhoz, amely a ritmus észlelésének alapja. Ezzel ellentétben az apró időzítésbeli változások, amelyek a zenei kifejezésben igen fontos szerepet játszanak egyedül a rögzített hangjelenség leképezéséből mutathatók ki, erre a kottakép az esetek többségében csupán az előadásmód konvencionális instrukcióival utal (pl. *expressivo*, *swing*...).

A *ritmus* definiálására számos kísérlet született az elmúlt évtizedekben, azonban egységes konszenzus nem figyelhető meg a szakirodalomban. Tan és mtsai. alapján a legegyszerűbb megfogalmazás azonban általános érvényű, miszerint a ritmus a zenében megjelenő időbeli mintázat, s a megszólaló hangok közötti időtartammal (illetve annak arányaival) jellemezhető (Tan, Pfordresher és Harré, 2010). Honing definíciójában kitér a ritmus komplexitására,

amelyet a következő összetevők együttesével jellemezhetünk: ritmikai elemek, metrum, tempó és időzítés (Honing, 1999). Ezek az összetevők szoros kölcsönhatásban állnak egymással. A zeneelmélet fogalomhasználatában a ritmus elsősorban a ritmikai elemeket jelöli, amelyek szerveződése „legalább kétféle lehet: egyrészt a ritmikai elemek különböző csoportokba történő szegmentálása, másrészt az elemek közötti idői regularitás, szabályosság megállapítása, amely a leütés és metrum alapján kialakuló hierarchikus, többszintű szerveződés” (Honbolygó, 2015, 84.o.). Míg a legtöbb elmélet a ritmuspercepciót és az alapját jelentő csoportképzést univerzális, terület-független, velünk született képességként jellemzi, a metrum észlelését tanult képességként, terület-specifikus zenei szabályok, többnyire implicit alkalmazására vezeti vissza (Jones, 2011). A hierarchikus struktúra többszörösen megfigyelhető, hiszen a ritmus nem csupán a kisebb egységek időbeli viszonyait jellemzi, hanem nagyobb távlatban is értelmezhető. Utóbbi észlelésében a dallam hangsúlyai, időzítésbeli jellegzetességei is szerepet játszanak, a zenei hallásban betöltött lényegi szerepük pedig abból adódik, hogy a hallgatót segítik a zenei anyag kognitív rendszerezésében, a zenei frázisok elkülönítésében (Lerdahl és Jackendoff, 1983; Jones és Boltz, 1989; Tan, Pfordresher és Harré, 2010).

A zenei ritmussorok megszólalásának a *metrum* ad egyfajta keretrendszert, amely meghatározza a zeneművek lüktetését. A metrumot a hangsúlyos és hangsúlytalan lüktetés váltakozása, hierarchikus szerveződése adja, alapegysége az ütem, amely két nagyobb hangsúllyal bíró hang közötti zenei intervallumot jelöl. Az összetettebb ütemeken belüli egyenletes lüktetés hangsúlyai is differenciáltak, ahogy az a 4/4-es részleten is megfigyelhető (4. ábra), a harmadik negyed nagyobb hangsúlyt kap, mint a második és negyedik. Gyakori jelenség, hogy a főbb metrikai pontokon szünetet hallunk, ugyanakkor a metrumérzet továbbra is aktív, jelentőséget, lüktetést adva a szünetnek. Ebből adódik a ritmus és a metrum egyik legfőbb különbsége: a ritmus kizárólag megszólaló hangok esetében értelmezhető. A két zenei jelenség ütközéséből származnak olyan jellegzetes ritmikai mintázatok, mint a szinkópa, amely karakterét abból nyeri, hogy a ritmus hangsúlyos hangjai nem esnek egybe a metrika hangsúlyaival. A metrumészlelés pontossága megmutatja, hogy a befogadó mennyire érzékeny a zene időbeli szabályszerűségeire (Jones, 2011).

Míg a ritmus alapja a megszólaló hangok egymáshoz viszonyított, relatív időtartama, addig a *tempó* a hangok abszolút hosszúságával jellemezhető, azzal a gyorsasággal, amellyel a ritmusmintázatok megszólalnak. Bár a tempó kisebb változása nem befolyásolja a ritmus- és a dallampercepciót, a túl lassú zenei ingerek ritmusmintázatai széteshetnek, míg a túl gyors ingerekben a hangok összemosódhatnak. A ritmus érzékeléséhez legideálisabb az a tempó, amely esetén az egymást követő hangok közötti időtartam 200ms (300 bpm) és 1000ms (60 bpm) közötti (Drake és Botte, 1993; Tan, Pfordresher és Harré, 2010; 5. ábra). Fraise a pontos észlelés határértékeit 100 és 2500 ms-ban határozta meg (Fraise, 1963).



5. ábra: zenei idő kontinuum és a ritmus mintázatok ritmusként való észlelésének határai (Tan, Pfordresher és Harré, 2010, 100. o.)

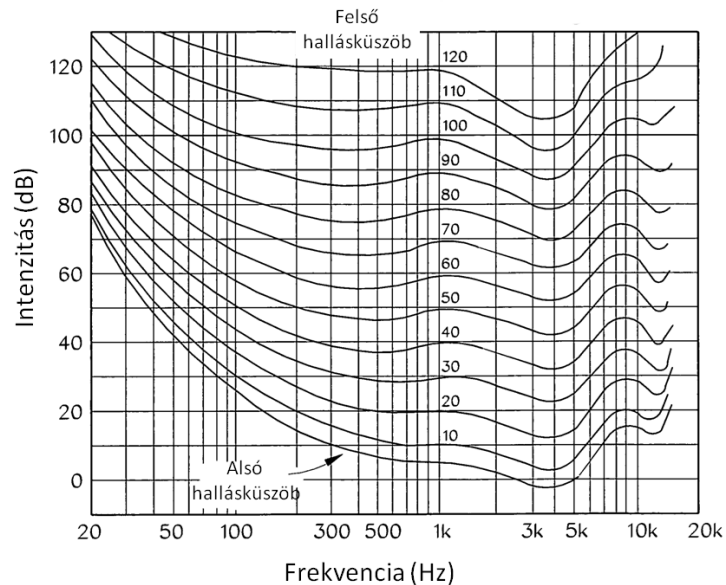
A ritmus negyedik alkomponense az *időzítés*. Az apró, időbeli eltérések teszik az előadásmódot kifejezővé. A zenetörténeti korok stílusai nem csupán a kompozíciókban, de azok interpretációjában is jelentős eltéréseket mutatnak, amelyek egyik kiemelkedően fontos tényezője az időzítés. Ez a zenei jelenség többszörösen összetett, így érdemes elkülönítve vizsgálni főbb aspektusait, amelyek Berndt és Hahnel alapján a következők: tempó, rubato, konstans aszinkronitás, emberi pontatlanság (Berndt és Hahnel, 2009). A *tempó* az időzítés szempontjából lehet állandó, szakaszosan vagy folyamatosan változó. Rugalmas kezelése hozzájárul a zenei frázisok megformálásához, a zenei hangsúlyok expresszivitásához. A tempó időzítésbeli változásai a zeneművek makroszintjén érvényesülnek. Ezzel ellentétben a hangok megnyújtásával vagy rövidítésével leírható *rubato* jelenség jól körülhatárolható, rövid zenei egységeken valósul meg. Jellemzője, hogy a hanghosszúságokat adott időegységen belül kompenzáció követi a tempótartás érdekében. Zenekarokban gyakran megfigyelhető egyfajta szisztematikus viselkedés, amely elsődleges oka a hangszerek közötti hierarchia, a vezető szólamok előnye, s ez hatást gyakorol a megszólaltatott darab teljes tempójára. Az ilyen fajta időbeli módosulást *konstans aszinkronitásnak* nevezzük. A teljes pontosságú időzítés nem érhető el természetes módon, változásainak egy része pedig nem írható le szisztematikusán, azaz egyéni jellegzetességet tükröz. Itt mutatkozik meg az *emberi pontatlanság*, ami nem hibaként értelmezendő, hiszen élővé, egyedivé, emberivé teszi a megszólaló zenei anyagot (Berndt és Hahnel, 2009).

A dinamika észlelése

A zenei idő észleléséhez szorosan kapcsolódik a dinamika, amely az egységnyi idő alatt létrejövő hangerősség-változással jellemezhető. Hasonlóan más temporális jegyekhez, a dinamika is nagyban hozzájárul az expresszív interpretációhoz, érzelmkifejezésben betöltött szerepe meghatározó.

Ellentétben más zenei jellemzőkkel (pl. hangmagasság) a zenei hangosság és dinamika észlelése számos akusztikai faktortól függ. Alapvetően meghatározza a hangintenzitás, de befolyásolja a frekvencia is. Míg a hangosság észlelése hallástartományunk által korlátozott, az intenzitás nem köthető minimum és maximum értékhez. A nagyon mély és nagyon magas hangokra kevésbé vagyunk érzékenyek, azonban a 1000 Hz körüli hangok esetében hallásunk alsó és felső küszöbe a hangerősség szempontjából igen messze esik egymástól. Az ezen a frekvencián mérhető intenzitástartomány ép hallású alanyok esetében nagyságrendileg 10^{12} , azaz 1 az egytrillióhoz. Ez a tartomány decibel mértékegységben megközelítően 45–120 decibelben fejezhető ki (Loy, 2011). A szélsőséges dinamikával megszólaltatott hangok (pl. pianissimo, fortissimo...) nem csupán a hangerősségben mutatnak eltérést a többi hanghoz képest, hanem esetükben a hangspektrum a magasabb frekvenciákra is kiterjed (McAdams, 1999).

A frekvenciák hangosságának összehasonlításához a phon skála nyújt segítséget. A Weber-Fechner törvény alapján a hangosság a hangintenzitás logaritmikus függvénye, azaz minden frekvenciához tartozik egy olyan decibel érték, amely megegyezik az érzékelt hangossággal. A definíció alapján minden frekvencia alsó hallásküszöbe 0 phon. A phon értéke a decibel értékkel 1000 Hz rezgésszám esetén egyezik meg (6. ábra).



6. ábra: azonos hangosságszintek görbéi (Fletcher és Munson, 1933)

Általános tendenciaként megfigyelhető, hogy az alacsonyabb frekvenciájú hangok esetében nagyobb intenzitásra van szükség ahhoz, hogy a hangosság mértéke megegyezzen az 1 kHz körüli hangokéval. Ez különösen igaz az alacsony frekvenciájú és alacsony intenzitású hangok esetében. Bár kisebb mértékben, de a jelenség a magas frekvenciatartományokban is megfigyelhető.

A hangmagasság és a hangközök észlelése

A hangmagasság a zene egyik legalapvetőbb alkotóeleme. Az egymást követő hangmagasságok dallamot alkotnak, a szimultán megszólaló, különböző frekvenciájú hangok pedig hangközöket ill. harmóniákat. Egy egészséges hallású fiatal felnőtt hallástartománya 20 Hz és 20 kHz között mozog, ugyanakkor zenei hangokként elsősorban a 30 Hz és 5 kHz közé eső tartományt észleljük (egy modern nagyzenekarra is ezt a terjedelmet fedi le 27,5 Hz-től 4186 Hz-ig terjedő hangkészletével) (Pressnitzer, Patterson és Krumbholz, 2001).

A hangmagasság és a frekvencia fogalmát gyakran használják szinonimaként, azonban a mélyebb megértés érdekében fontos a különbségtétel. Míg a hangmagasság egyfajta észlelet, s ezáltal a pszichofizika vizsgálati körébe tartozik, a frekvencia olyan fizikai mértékegység, amely egy hangjelenség periodicitását jellemzi. A hangmagasság definiálásához leggyakrabban a *The American National Standards Institute* meghatározását idézik (pl. Stainsby és Cross, 2011, 47. o.): „A hangmagasság az auditív észlelés olyan attribútuma, amely alapján a hangok egy adott skála mentén a mélytől a magasig sorbarendezhetők. A hangmagasság elsősorban a hangstimulus frekvenciatartalmától függ, de befolyásolja a hangnyomás és a hanghullám formája is”. Loy meghatározása szerint „A frekvencia a másodpercenkénti rezgések számát jellemzi. A hangmagasság a frekvenciához kapcsolódó észlelet.” Míg a hangmagasság az emberi hangtartomány által behatárolt intervallumban értelmezhető, addig a frekvencia ezen a tartományon kívül is (Loy, 2011).

A kisebb frekvenciaváltozások észlelése komplex hangok esetében jellemzően nehéz feladat. Például egy 1000 és egy 1002 Hz rezgésű hang közötti különbségtételre többnyire csak jól képzett zenehallgatók képesek (Moore, 1973), ez 0,2%-os különbséget jelent. A nyugati zene legkisebb hangköze a félhang, ami 6%-os eltérés. A fél hangnál kisebb hangmagasságok

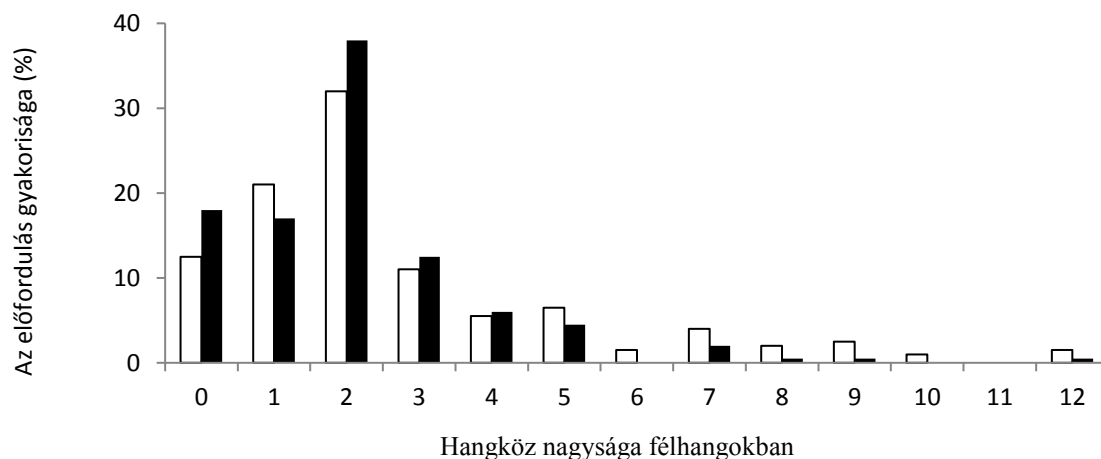
megkülönböztetésére épülő kutatásokban jellemzően a zeneileg képzett alanyok teljesítenek jobban (Zarate, Ritson és Poeppel, 2012), ugyanakkor Micheyl és munkatársai bebizonyították, hogy 4 és 8 órás fókuszált tréninget követően az amatőr alanyok eredménye nem mutat különbséget a felmérésben résztvevő zenészekével. Ebből arra következtethetünk, hogy a hangmagasságok precíz megkülönböztetése velünk született képesség (Micheyl, Delhommeau, Perrot és Oxenham, 2006). Ezt a feltételezést támasztja alá az is, hogy a hangmagasságészlelés a beszédfeldolgozásnak is fontos komponense. A beszéd során a hangmagasság elsősorban a prozódiaival áll összefüggésben, de a tonális nyelvek esetében szerepet játszik a lexikai jelentések elkülönítésében is (Surján, 2016).

Valós zenei környezetben természetesen nem különálló, egymástól független hangmagasságokat észlelünk, sokkal inkább hangmagasság mintázatokat. A vertikálisan szerveződő mintázatokat harmóniaként, a horizontálisan szerveződőket dallamként fogjuk fel. A hangköz tehát két hangmagasság közötti intervallumot jelöl. A zenei gyakorlatban leggyakrabban előforduló hangközök egyfajta tonalitásérzetet is hordoznak magukban. A hangköz valójában absztrakt fogalomnak tekinthető, hiszen nem konkrét hangok közötti konkrét távolságot, hanem viszonyokat jellemez. Más-más hangmagasságról indítva, de azonos hangközlépésekkel a dallam ugyanaz marad (Tan, Pfordresher és Harré, 2010).

A hangközök elméletének első kiemelkedő kutatója Pitagorasz volt, aki felfedezte, hogy egy rezgő húr hangmagassága fordítottan arányos a húr hosszával. Ez alapján a hangközöket arányszámokként írta fel, mint 2:1 (tisztá oktáv), 3:2 (tisztá kvint), 4:3 (tisztá kvart) és 5:4 (nagy terc). Mivel a hangmagasság és a frekvencia rezgésszámainak kapcsolata logaritmikus görbével jellemezhető, az arányszámok a húr hosszúságától függetlenül adják meg a hangközöket.

A szekvenciális, egymást követő hangközökhöz, amelyek a dallam alapját képezik szintén kapcsolódhat konzonancia- és diszonzonanciaérzet, annak ellenére, hogy nem egyszerre szólnak meg (Tenney, 1988).

Vos és Troost 1989-ben végzett vizsgálatában a hangközök előfordulási gyakoriságát szemlélteti a klasszikus és népzeneben (9. ábra):



9. ábra: A hangközök relatív előfordulása a nyugati zenében (műzene: fehér oszlopok; népzene: fekete oszlopok) (Vos és Troost, 1989, 387.o.)

Látható, hogy a kisebb hangközök dominálnak mind a mű-, mind a népzeneben, amelyek a szekvenciális csoportosítás révén hozzájárulnak ahhoz, hogy az egymást követő hangokat egy dallamként, dallamívként észleljük (lásd. Noorden, 1975).

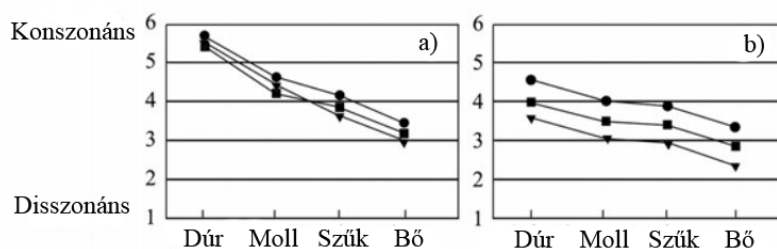
A hangközök észlelése alapvetően fontos része a zene befogadásának és produkálásának, ugyanakkor nem minden hangtartományban egyforma nehézségű a felismerésük.

Hallástartományunk legmélyebb és legmagasabb régiójában a kisebb hangközlépések megkülönböztetése sokkal nehezebb, míg kutatások a 300 Hz körüli hangmagasságokat találták a legkönnyebben elkülöníthetőnek.

A harmónia észlelése

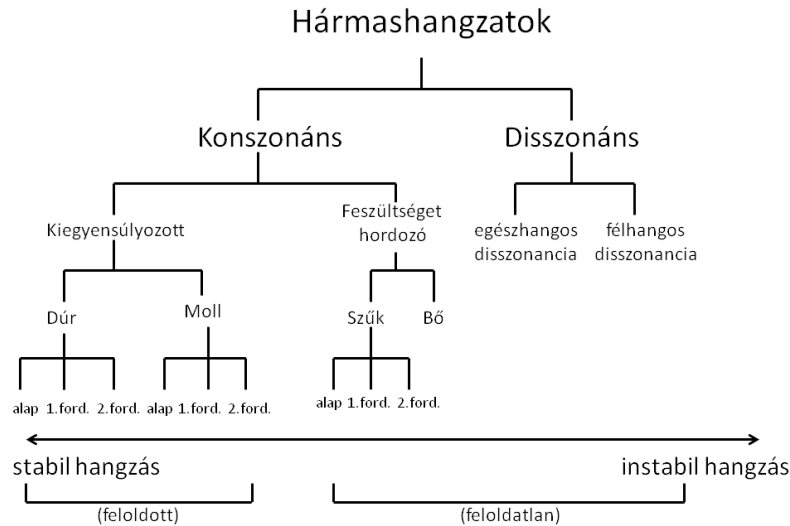
Míg a dallam a hangmagasságok horizontális szerveződéseként definiálható, a harmónia hangjai vertikális kapcsolatban vannak egymással. A harmóniához kapcsolódó konszonzancia és disszonzancia kérdésköre a mai napig a harmóniával kapcsolatos kutatások középpontjában áll. Terhardt kétkomponensű modellje a pszichológusok és a muzikológusok által is egyaránt elfogadott. Az első komponens a szenzoros konszonzancia, amely nem más, mint a zavaró tényezők, az „érdesség”, a súrlódás hiánya. A szenzoros konszonzancia mind zenei, mind nem-zenei kontextusban értelmezhető. A második komponens maga a harmónia, amely kifejezetten zene-specifikus és a dallami, ill. harmóniai környezetben jut érvényre (Terhardt, 1984). A nyugati tonális zenére igaz, hogy a konszonzansabb, stabilabb akkordok gyakrabban fordulnak elő lényeges zenei helyeken, ritmikai súlyokon (Bharucha és Krumhansl, 1983). Koelsch hangsúlyozza, hogy a harmóniailag stabil akkordok olyan kognitív referenciapontok szerepét töltik be a zenében, amelyek segítik a hangzóanyag feldolgozását, értelmezését. Mi több, a zenei struktúrák észlelése nagyban függ attól, hogy a befogadó hogyan képes rendszerezni az egyes zenei eseményeket a harmóniai hierarchia függvényében (Koelsch, 2012).

Helmholtz kutatásai kiindulópontként szolgáltak a modern harmóniakutatás vizsgálataihoz. Definíciója alapján azokat a hangzatokat érezzük konszonzansnak, amelyekben az együtthangzó hangok felhangviszonyban állnak egymással, azaz a kis terc, a nagy terc és a tiszta kvart, valamint fordításaik, a nagy szext, a kis szext és a tiszta kvint. Az egymás melletti hangok közötti interferencia viszont disszonzans hangzást eredményez a kis szekund, a nagy szekund, a bő kvart és fordításaik, a nagy szeptim, kis szeptim és szűkített kvint hangközlépések esetében (Helmholtz, 1877, 320. o. idézi Erős, 1993; Pierce, 1999). A leírt szabályosságok természetesen kettőnél több hang egyszerre történő megszólalása esetén is érvényesülnek. Roberts empirikus vizsgálataival támasztotta alá, hogy a dúr akkordokat mind a zenészek, mind a zenei képzésben nem részesült alanyok konszonzansabbnak ítélik a moll akkordoknál, amelyek viszont a szűkített akkordoknál konszonzansabbak, s a sort a bővített akkordok zárják (10. ábra, Roberts, 1986).



10. ábra. A hármashangzatok relatív konszonzanciájának („stabilitásának”) értékelése. Az a) grafikon adatai képzett zenészekkel felvett adatokat, a b) grafikon adatai zenei képzésben nem részesült alanyok eredményeit mutatják. A különböző síkidomokkal jelölt vonalak az akkordfordításokat jelölik, ám a tendencia minden fordítás esetében megegyező (Roberts, 1986. 167.o.).

Cook és Fujisawa modellje új perspektívába helyezi a konszonzancia-disszonzancia viszonyok értelmezését. A szimpla hangközviszonyok és az akkordon belüli hármas kapcsolatok egyidejű elemzésével három fő perceptuális kategóriába sorolja a hármashangzatokat (11. ábra, Cook és Fujisawa, 2006).



11. ábra. Hármashangzatok konszonancia-disszonancia modellje, amelyben a fő kategóriák tükrözik mind a hangköz, mind az akkordviszonyokat. (Cook és Fujisawa, 2006. 110. o.)

Az első a „kiegyensúlyozott” (eredetileg: sonorous) akkordok csoportja, amely nem egyenlő, konszonáns hangközökből felépülő hangzatokat tartalmaz, a második a „feszültséget hordozó” (eredetileg: tense), amely hangközei egyenlő távolságra helyezkednek el egymástól, és a harmadik a disszonáns akkordok csoportja, amelyek egy, vagy több disszonáns hangközt tartalmaznak. Az utóbbi két kategóriát a hagyományos zeneelmélet egyaránt disszonánsként kezeli, azonban feloldatlan karakterük eltérő tényezőkből ered (Meyer, 1956). Míg a feszültséget hordozó akkordok hangközeik egyenlősége miatt keltenek disszonanciaérzetet, ugyanez az érzet a tisztán disszonáns akkordok esetében a hangközök közvetlen súrlódásából adódik.

A kulturális elméletek abból a hipotézisből indulnak ki, hogy a konszonancia és a disszonancia észlelése tanult jelenség. Kutatások igazolják, hogy az újszülöttek még valamennyi kultúra hangrendszere iránt fogékonyak (Surján és Janurik, 2018). A zenei műveltség nem csupán a zenei tudás kultúra által meghatározott rendszereire vonatkoztható fogalom, de hatást gyakorol a zenei képességekre is (Csikos és Dohány, 2016), így többek közt az észlelés minőségi jellemzőire. Gardner és Pickford (1944, idézi Hargreaves, 2012) bebizonyította, hogy egy akkord megítélését erősen befolyásolja a zenei egészhez viszonyított intenzitása és elhelyezkedése. Egy szeptimakkordot nagy valószínűséggel konszonánsnak tekintünk, ha az a zenei folyamat egy hangsúlytalan helyén szólal meg, azonban ha hangsúlyos helyre esik, disszonánsként észleljük. Kimutatható az is, hogy a hármashangzatok olvasása, amelynek alapja az észlelet belső felidézése, még 16 éves korban is szinte megoldhatatlan feladatnak bizonyul (Erősné, 1993, idézi: Zsigmond, 2018).

A dallam észlelése

A dallamot méltán nevezhetjük a legkomplexebb zenei jelenségnek, hiszen elsősorban a tonalitás és a dallamkontúr határozza meg (Dowling, 1978), ugyanakkor a ritmika is elidegeníthetetlen alkotóeleme.

A tonalitás, azaz a kromatikus hangkészlet adott hang körüli hierarchikus szerveződése (Schmuckler, 2011), a zenei észlelés gyakran kutatott területének számít, s az elmúlt évtizedekben jelentős számú modellt dolgoztak ki a leírására. Ezek közül is kiemelkedő a strukturális-funkcionális és a hangnemkereső modell. Az első típusba sorolható modellek közül a legelterjedtebb Butler és Brown modellje (Butler és Brown, 1984, 1994), amely azon a

hipotézisen alapszik, miszerint a ritka hangközök jelenléte (kis szekund, tritónusz) az, amely a tonalitás érzéket leginkább befolyásolja. Abe és munkatársai pedig a tonikára épülő hármashangzatot nevezik meg hasonlóan fontos referenciapontnak (Yoshino és Abe, 2004; Matsunaga és Abe, 2005). A hangnemkereső modellek legfőképpen a hangmagasságok eloszlására fókuszálnak. Ezen a területen meghatározó Krumhansl és Schmuckler munkája (1986, *Krumhansl*, 1990), akik empirikus alapokra építve megállapították, hogy a hangmagasságok relatív hosszúsága összefüggésben áll az észlelt tonalitással és annak stabilitásával. A tonika gyakrabban hallható a dominánsnál, amely pedig többször fordul elő, mint a szubdomináns. Ez az összefüggés analógiát mutat az egyes hangok átlagos hosszával, mivel általában a tonika hangok a leghosszabbak a zeneműveken belül.

„A dallamkontúrt a dallamvonal mintázata határozza meg, amely függ attól, hogy az egymást követően megszólaló hangmagasságok iránya felfelé, lefelé mutat vagy nem változik.” (Tan, Pfordresher és Harré, 2010, 75. o.) A dallamkontúr azon pontjai, amelyeken a dallamvonal iránya megváltozik, különösen érzékeny helyek a zenei textúrában (Jones, 1987), mi több, a zenei előadás során vétett hibák, amelyek a dallam vonalát is érintik sokkal könnyebben észrevehetőek, mint azok a hanghibák, amelyek következtében a hangok mozgásának iránya nem változik (Tan, Pfordresher és Harré, 2010).

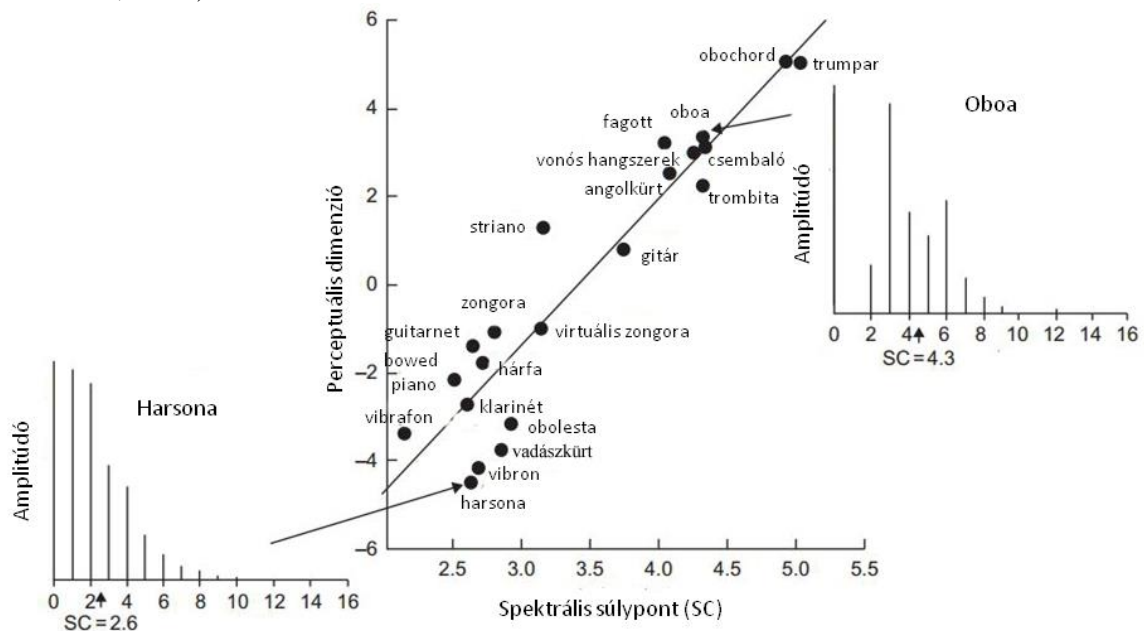
Dowling és Fujati 1971-es kísérletében azt vizsgálta, melyek azok a zenei paraméterek, amelyek leginkább befolyásolják a dallamfelismerést. A vizsgálatban öt népszerű, ismert dalt alkalmaztak (*Twinkle, twinkle, little star*; *Good King Wenceslaus*; *Yanke Doodle*; *Oh, Susanna* és *Auld Lang Syne*), amelyeket különböző szempontok alapján torzítottak. Elsőként a hangok abszolút magasságát, majd a hangközöket és végül a dallamkontúrt is megváltoztatták. Ez utóbbi változtatás volt az, amely következtében a dallam teljesen felismerhetetlenné vált (Dowling és Fujati, 1971). Tanulmányuk alátámasztja a dallamkontúr hosszú távú zenei memóriában játszott kiemelkedően fontos szerepét is. Fontos kiemelni, hogy a dallamkontúr feldolgozása nem csupán a zenében, de a beszédértés és a beszédelsajátítás fejlődésében is kiemelkedő szerepet játszik (Buzás és Csontos, 2016).

A hangszín észlelése

Hasonlóan a dinamikához, a hangszín is többszörösen összetett zenei jelenség. Meghatározza a hangmagasság, a hangosság, a hangforrás térbeli helyzete és a befogadóhoz viszonyított távolsága, a hang időtartama és számos akusztikai-környezeti tényező. A hangszín észlelése mindennapi életünkben is kiemelkedően fontos, segítségével azonosítani tudjuk a hangforrásokat, észleljük a veszélyhelyzeteket. Épp ezért jellemzéséhez is többségében a hétköznapi életből vett fogalmakat és nem csupán zenei jelzőket alkalmazunk (pl. érdes, puha, lágy, telt...). McAdams és Giordano (2009) a hangszín két fő tulajdonságát határozza meg: számos absztrakt érzékszervi információ együtteséből adódik, amelyek egy része folyamatosan változik (pl. a hangszín élessége, fénye, gazdagsága), más részük pedig diszkrét vagy kategorikus (pl. egy harsonán megszólaltatott sforzando jellegzetes hangindítása). A másik fő jellegzetessége a hangforrás felismerésében játszott elsődleges, meghatározó szerepe. Csépe, Ragó és Győri ugyanakkor a hang burkológörbjét, a hangkezdetet és a hangvégződést nevezi meg legmeghatározóbb tulajdonságokként (2006).

A hangszínt befolyásolhatják a megszólaló hang amplitúdójának arányai és a frekvencia-arányok. A spektrum burkológörbjét a spektrumösszetevők amplitúdó-értékeinek összekötésével kapjuk, amely a hangösszetevők súlyozott átlagát mutatja, s formájából általános hangszíntulajdonságokra következtethetünk (pl. rezonancia, fényesség). A hangszín jellemzésére gyakran használt jelző a fényesség (vagy nazalitás) amely a spektrum magas frekvenciájú összetevőinek függvénye és a spektrális súlypont értékével jellemezhető. Ez az érték a legtöbb hangszer esetében szoros összefüggést mutat az amplitúdóval, például minél

nagyobb hangerővel szólal meg egy trombita, annál fényesebb a hangszíne (Szigetvári, 2012). A hangszerek fényességét a rajtuk megszólaltatott hangok magas és mély frekvenciáinak aránya is befolyásolja, ily módon pl. az oboa magasabb spektrális súlyponttal rendelkezik, mint a vadászkürt (12. ábra). A 12. ábra középső grafikonján, amely a spektrális súly és a perceptuális dimenzió függvényében ábrázolja a hangszerek hangszínét, megfigyelhető, hogy azok a regressziós egyenes közvetlen közelében helyezkednek el. Így arra következtethetünk, hogy a fizikai paraméterek és az észlelt hangjelenség szoros kapcsolatban állnak egymással (McAdams, 1999).



12. ábra

Spektrális súlyok a perceptuális dimenzió függvényében Krumhansl számításai alapján (1989). A mesterséges hangzások leírása Wessel és munkatársai tanulmányában olvasható, ezek a következők: vibrone (a vibráfon és a harsona elegye), obolesta (oboa és cseleszta elegye), bowed piano (hagyományos zongora húrjai alatt nylon damilt vezetnek át, amely segítségével sejtelmes, mégis könnyed hangszín érhető el), gitarnet (a gitár és a klarinét elegye), striano (vonós és zongorahang elegye), obochord (oboa és csembaló elegye), trumpar (a trombita és a gitár elegye). A két szélső gráf a harsona és az oboa frekvenciaspektrumát mutatja. (McAdams, 1999, 41.o.)

Marozeau és de Cheveigné empirikus kísérlet útján bizonyította, hogy a hangmagasságkülönbség szisztematikus összefüggést mutat a spektrális súlyponthoz köthető hangszíndimenzióval (2003, 2007). A spektrum összetevőinek frekvenciája meghatározza, hogy egy konkrét hangmagassággal rendelkező zenei hangot, egyszerre megszólaló inharmonikus zenei hangokat vagy egyértelmű hangmagasságérzetet nem biztosító zajt észlelünk (Szigetvári, 2012).

A hangszínezés vizsgálatának egyik legtermékenyebb kutatási területét alkotják a hangszerfelismerésre alapuló kísérletek. A különálló hangok hangszínelismerése meglepően alacsony, azonban a vibrató alkalmazása szignifikánsan növeli a felismerés arányát (Saldanha és Corso, 1964). Ebből következik, hogy a hangszínek észlelésében fontos szerepet tölt be a hangzóanyag hosszúsága, de a minőségi jellemzők sem elhanyagolhatók. A vibrató alkalmazása tehát könnyebb hozzáférhetőséget biztosít a hangszer rezonanciajellemzőihez (McAdams és Giordano, 2009).

A hangszín-invarancia jelensége megfigyelhető mind zeneileg képzetlen, mind zeneileg képzett alanyoknál. Míg az első csoport képes két, azonos hangszeren játszott hang hangszínezésének megállapítására oktáv hangterjedelmen belül (Handel és Erickson, 2001), addig a zeneileg képzett alanyok 2,5 oktáv hangterjedelemben is megbízható, 80%-os

teljesítményt produkálnak (Steele és Williams, 2006). Azaz a hangszín-invarianciát befolyásolja a hangterjedelem, ám zenei tréninggel a felismerési tartomány bővíthető.

Zenei információk csoportosítása, mint a zenei észlelés alapmechanizmusa

Ellentétben más érzékszerveinkkel, hallásunk folyamatosan aktív. Fülünket nem tudjuk lezárni a külvilágból érkező ingerekkel szemben. Éppen ezért, a túlterhelés elkerülése érdekében agyunk az auditív információ feldolgozásának számos stratégiáját alkalmazza. Ilyen a hangingerek csoportosítása is, amely lehetővé teszi, hogy az egymás után bekövetkező auditív impulzusokat bizonyos paraméterek alapján egységként észleljük. Az előző fejezetekben láthattuk, hogy milyen sokrétű az a zenei információ, amelyet az észlelés során feldolgozunk, a folyamat megkönnyítése érdekében az agy összehasonlítást végez, a beérkező ingereket összeveti a memóriában tárolt korábbi ingerekkel. Hasonlóság esetén az ingerek asszimilálódnak, eltérés esetén a sorozat megszakad. A szegmentáció az adott egység végét jelenti és egy újabb kezdetét. Az egy csoportba sorolt elemeket egy perceptuális egységként észleljük (Drake és Bertrand, 2009).

A csoportosítás tanulmányozásához kiindulópontot nyújthat a Gestalt-pszichológia, amelynek első képviselője, Christian von Ehrenfels már a 19. század végén zenei példával szemléltette a rész és egész viszonyának jellemzőit. Az alaklélektan-paradigma alaptétele, hogy az egész több mint részeinek összessége. Ehrenfels alaki tulajdonságoknak (*Gestaltqualitaten*) nevezi az egészek részek feletti, azaz a résznél nagyobb tartalommal bíró, magasabb rendű tulajdonságait. Például, ha egy dallam minden hangját egy szekundlépessel feljebb transzponáljuk, a hangok kicserélése ellenére is megmarad az alaki tulajdonság. Az irányzat képviselői az alakészlelés szabályszerűségeit széles körben alkalmazták az észlelés más területein is (Csépe, Györi és Ragó, 2007).

A zenei észlelést alapvetően meghatározó csoportosítási elvek, már a kognitív fejlődés korai szakaszában is általánosan megfigyelhetők. Mivel a zenei információk többszörösen összetettek, „a hallórendszer olyan szabályszerűségek szerint csoportosítja az elemeket, amelyek alapja a frekvencia, az amplitúdó, az időzítés, a térbeli elhelyezkedés vagy olyan multidimenzionális tulajdonságok, mint például a hangszín” (Deutsch, 1999, 183.o.).

A korai Gestalt-pszichológus, Wertheimer alapján (1923, idézi Deutsch, 1999) a csoportosítás a következő egyszerű szabályokkal írható le:

- a közelség elve: az egymáshoz közelebbi elemeket egységként kezeljük
- a hasonlóság elve: az egyforma vagy hasonló elemeket összefüggő egységként fogjuk fel
- a jó folytatás elve: az észlelet felbontása során hajlunk arra, hogy a legegyszerűbb felbontással éljünk. Azokat az elemeket, amelyek egy adott irányban követik egymást, összetartozóként észleljük.
- a közös sors törvénye: az egymással összhangban mozgó elemeket összetartozóként észleljük
- ismerőség elve: hajlamosak vagyunk az elemeket az alapján csoportosítani, hogy a már ismert konfigurációk egybe tartozzanak
- zártság elve: észlelőrendszerünk a hiányos ingereket kiegészíti
- figura-háttér elve: ha az inger több, elkülöníthető területet tartalmaz, hajlamosak vagyunk az egyiket elő- a másikat háttérként értelmezni (Deutsch, 1999; Handel, 1984; Trehub és Hannon, 2006)

Összegezve, a zenében a kis frekvencia-és időkülönbséggel megszólaló hangokat többnyire egy egységként érzékeljük, csoportosításuk alapját a *közelség elve* képezi. Azonban

az előbbi törvényszerűséget több tényező is felülírhatja. Ilyen például a hangszín, amely két, egyszerre játszó hangszer esetében, meghatározza, hogy mely hangokat érezzük összetartozónak. A *közös sors* törvénye alapján a zenei kontextusban összetartozónak érzékeljük az egymással összhangban mozgó elemeket. Az *ismerősség elvét* figyelhetjük meg olyan esetekben, amikor egy összetett zenei kontextus hangjait egy korábbról ismert dallamvonal alapján azonosítjuk. Jellemző példa erre Mozart Alla Turca rondója, amelyben az oktávlépésekkel sűrített zenei kontextus ellenére is tisztán kihallható a jól ismert dallam. A *zárttság elve* a belsőhallásnak köszönhetően számos zenei kontextusban érvényesül. Az ismert dallam hiányzó hangjait a hangképzelés segítségével élénk belsőhallási észleletté alakítjuk. A *figura-háttér elve* legegyszerűbben a többszólamú zenében vizsgálható, ahol könnyen előtérbe kerülhet egy szólóhangszer vagy egy fényesebb hangszín. Ahogyan a jellegzetes figura-háttér képek esetében is megfigyelhető, a szerepek nem mindig egyértelműek, koncentráció segítségével felcserélhetők. Egyes kompozíciós technikák, mint például a fuga szerkesztése, kifejezetten az elő- és háttér dinamikájára, a vezetőszólamok élményszerű variálására építkeznek.

A zenei észlelés során megfigyelhető csoportosítás nem csupán az egyszerű zenei tulajdonságokra vonatkozik (mint például hangmagasság, időtartam, hangszín), hanem a zenei anyag komplex összetevőire is, mint a hangközök, ritmikai mintázatok, frázisok. Komplex auditív információk csoportosítására vonatkozó elemzést McAdamsnál találunk, aki a következő három lépést különíti el:

- az akusztikus információk zenei hallásélménnyé szervezése (szimultán csoportosítás)
- a hallásélmény összekapcsolása zenei folyamattá (szekvenciális csoportosítás)
- a zenei folyam rendszerezése zenei egységekké (szegmentációs csoportosítás)

A szerző hangsúlyozza, hogy az észlelés felsorolt jellemzőinek fejlődése jóval korábban kezdődik, mint a hozzájuk kapcsolódó ismeretek elsajátítása (McAdams, 1989). A hangok és hangzatok közötti kapcsolatról szerzett zeneelméleti tudás nem szükséges feltétele a tonális struktúra felismerésének (Koelsch, 2012).

A zenei észlelés modelljei

Az elmúlt másfél évtized szakirodalma és tudományos érdeklődése a zenei képességmodelleket követően elsősorban a zenei feldolgozás kognitív modelljeire irányult. A külső ingerek agyi reprezentációjának, az észlelés kognitív folyamatainak modellezése azonban máig vitatott terület. Konszenzus van annak tekintetében, hogy az észlelés, a tudat és a gondolkodás folyamatai többszörösen összetettek, komplexek, nehézkesen egységesíthetők. Azonban a legtöbb kutató egyetért abban, hogy az emberi elme olyan részrendszerek összessége, amelyek együttesen hozzák létre a megismerést és irányítják a viselkedést (Csépe, Győri és Ragó, 2008). Számos modellt dolgoztak ki az elmúlt évtizedek során, de a kognitív lélektanban és a zenei észlelés területén is a legnagyobb hatást Jerry Fodor modularitás-elmélete fejtette ki. Bár a korábbi kutatásokban a zenei képességeket egyfajta általános rendeltetésű kognitív architektúra eredményeképpen értelmezték (például Handel, 1989; Bregman, 1990), manapság egyre több tanulmányban olvashatjuk azt az alaptételt, miszerint a zene feldolgozása kognitív szempontból egyedülálló, önálló folyamatokkal és tudásbázissal rendelkező, elkülöníthető terület.

Peretz és Coltheart: A zenei feldolgozás moduláris modellje (2003)

Peretz és Coltheart alapvetése a modularitás-elméletre alapozva az, hogy létezik egy zenei feldolgozásért felelős modul, ami egyben azt is jelenti, hogy van olyan mentális információfeldolgozásért felelős rendszer, amelynek működése specifikusan a zenei

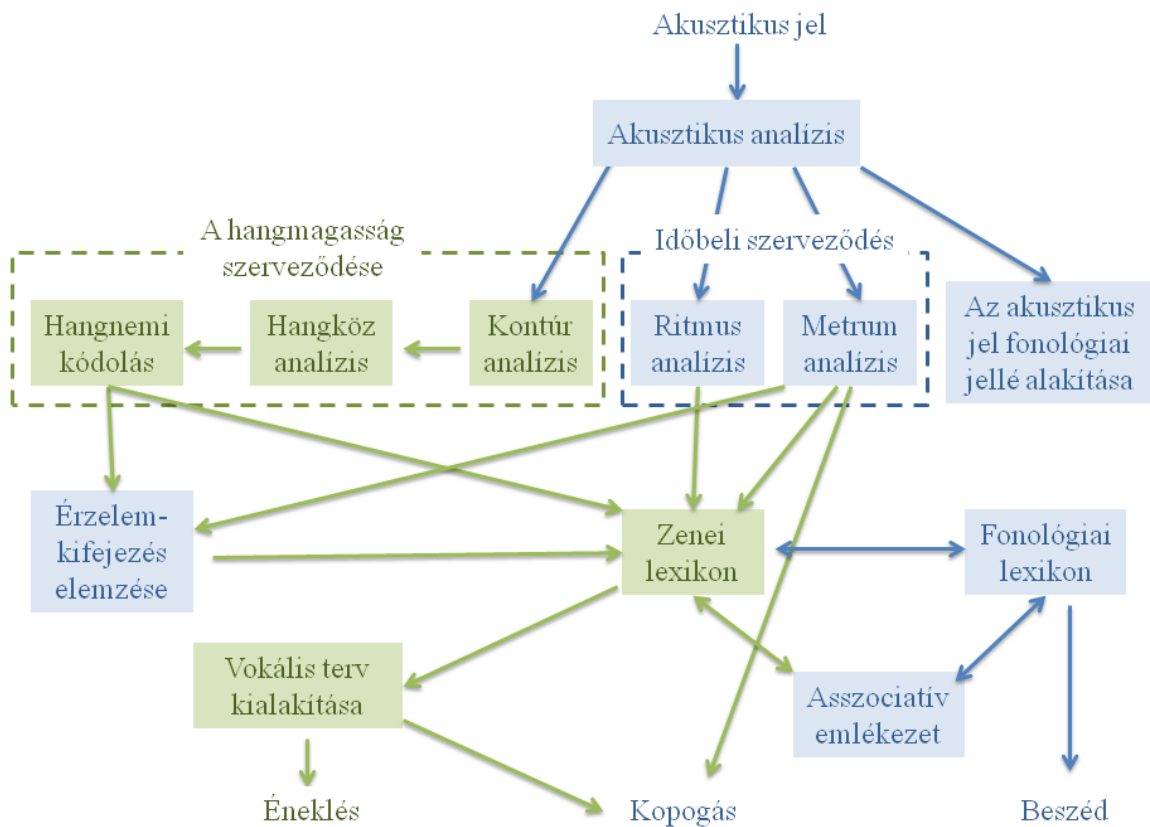
észleléshez kapcsolódik. Kérdéses, hogy a zenei modul neuroanatómiai szempontból elhatárolható-e, kapcsolódnak-e hozzá kizárólagos neurális hálózatok. Feltételezik, hogy a zenei feldolgozáshoz szükséges rendszer átfedést mutat más, komplex auditív információ (pl. beszéd) feldolgozásához kapcsolódó műveletekkel. Ugyanakkor számos olyan esettanulmány ismert, ahol a zene kivételével az auditív feldolgozás más területei sérültek (pl. Mendez, 2001) vagy az agy károsodása kizárólag a zenei képességekre gyakorolt hatást (pl. Steinke, Cuddy és Jakobson, 2001). Ezek arra engednek következtetni, hogy az auditív feldolgozásnak legalább két jól elhatárolható területe van: a zenei- és beszédfeldolgozás.

A zenei észlelés kongitív folyamatainak feltárására Peretz és munkatársai olyan modellt dolgoztak ki, amely meghatározza a zenei rendszer struktúráját, komponenseit, lehetséges interakcióit és folyamatait (Peretz és Coltheart, 2003, 13. ábra).

A modellben zöld színnel emelik ki a hangmagasság-szerveződés feldolgozását, amely határozottan zene-specifikus komponens, míg kézzel jelzik azokat a részmodulokat, amelyek a beszédhez is kapcsolódnak. A zenei részmodulok között két párhuzamos és többnyire független alrendszert találunk. A hangmagasság-szerveződés a dallamkontúr, a hangközök és a hangnem feldolgozásáért felel, az időbeli szerveződéshez kapcsolódik a ritmus és a metrum észlelése. A ritmusanalízis a folyamatos zenei információ időtartamon alapuló szegmentációjáért felel, míg a metrumanalízis során a zenében rejlő időbeli szabályosság kerül feldolgozásra a hangsúlyos és hangsúlytalan váltakozó lüktetések alapján. A modellben megjelenő „kopogás” kimenet a hangsúlyos ütések gyakran kísérő, spontán lábdobogásra vagy más, egyenletes, lüktető mozgásra utal (Peretz és Coltheart, 2003).

Mind a melodikus, mind a temporális útvonal elsődleges outputjaként az érzelmkifejezés, valamint a zenei lexikon szerepel. A zenei lexikon olyan megjelenítési rendszer, amely tartalmazza az összes olyan zenei reprezentációt, amellyel életünk során találkozunk és ugyanez a rendszer tárolja az újonnan beérkező zenei ingereket is. Egy dal sikeres felismerése tehát a zenei lexikon kiválasztó mechanizmusának hatékonyságától függ. Az adott feladatnak megfelelően a zenei lexikon két kimenettel rendelkezhet. Ha például szeretnénk elénekelni egy dalt, megtörténik a párosítás a fonológiai lexikonban tárolt szöveggel, majd a vokális terv kialakítását követően megvalósul a dal megszólaltatása. Ha a feladat nem-zenei információkat is igényel (pl. a zenéhez kapcsolódó konkrét ismeretek vagy emlékképek felidézése), az asszociatív emlékezetben tárolt tudás kerül aktiválásra. A folyamattal párhuzamosan, de tőle függetlenül megy végbe a zene által közvetített érzelm felismerése és átélése, az érzelmkifejezés elemzésének köszönhetően (Peretz és Coltheart, 2003).

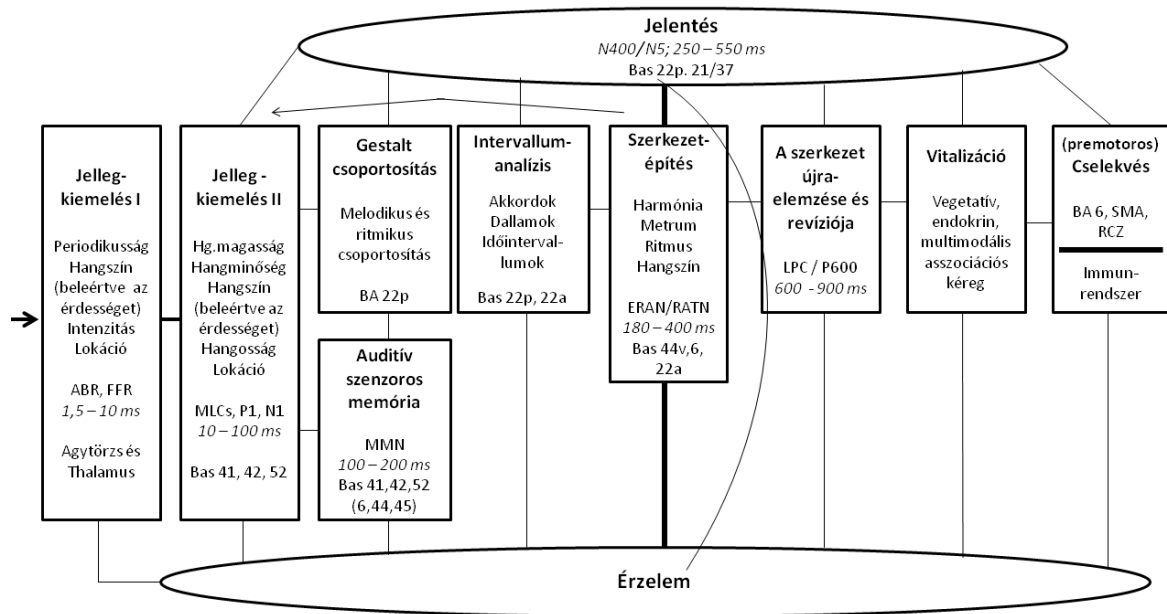
Összefoglalva, a zenei észlelés kognitív neuropszichológiai modelljében a környezetből érkező auditív input először az akusztikus elemző modulon halad keresztül, ekkor történik meg a különböző hangforrásokból érkező ingerek elkülönítése. Az inger aktiválhatja a zene vagy a beszéd felfogásáért felelős rendszereket. Az auditív zenei ingert két, egymással párhuzamos, de független alrendszer analizálja: (1) a melodikus dimenzióért felelős rendszer, amelyet a hangfrekvenciák egymást követő váltakozása határoz meg és (2) a temporális dimenzió, amelynek alapja a hanghosszúságok szekvenciális váltakozása. A modellben két fő kimenet található, az egyik a zene érzelmi aspektusainak felismerésében és átélésében játszik fontos szerepet, a másik produkciós cselekvésekhez vezet a zenei és a fonológiai lexikonon, valamint a vokális terv kialakításán keresztül, miközben a legtöbb esetben aktiválódik az asszociatív emlékezet is.



13. ábra A zenei észlelés moduláris modellje (Peretz és Coltheart, 2003, 690. o.)

Koelsch és Siebel: A zenei észlelés neurokognitív modellje (2005)

A zenei észlelés neurokognitív modelljének célja, hogy a zenei percepció területén végzett idegtudományi kutatások eredményeit egységes elméleti keretrendszerben szintetizálja. A zenei észlelés különböző dimenzióinak bemutatása mellett a modell azt is szemlélteti, hogy ezek a folyamatok mely agyi területeken lokalizálódnak (14. ábra).



14. ábra. A zenei észlelés neurokognitív modellje.

Rövidítések: ABR: Auditív agytörzsi válasz; BA: Brodmann terület; ERAN: korai jobb oldali anterior negativitás; FFR: frekvenciát követő válasz; LPC: késői pozitív komponens; MLC: közepes késleltetett komponens; MMN: eltérési negativitás; RATN: jobb oldali anterior-temporális negativitás; RCZ: rostrális cinguláris zóna; SMA: kiegészítő motoros terület. A dőlt betűkkel szedett rész a fejbőrön rögzített maximális eltérést (latenciát) mutatja (Koelsch, 2012).

A modellben balról jobbra haladva hierarchikus elrendezés figyelhető meg, azaz a jellegkiemelés szükséges folyamat a Gestalt csoportosításhoz és a többi szint eléréséhez, a Gestalt csoportosítás pedig az intervallum és szerkezet-analízis előzménye, és így tovább. Ugyanakkor fontos kiemelnünk, hogy a vitalizáció nem előfeltétele a premotoros cselekvésnek, valamint, hogy az egyes folyamatok visszacsatolhatnak a tőlük balra elhelyezett szintekhez (14. ábra).

Jellegkiemelés. A zenei észlelés első lépése az akusztikus információ dekódolása, amely az auditív agytörzsből, a thalamusban és a hallókéregben megy végbe. A hallókéreg egyik lényeges feladata, hogy az akusztikus ingereket (pl. periodicitás, dinamika) észleletekké alakítsa (mint hangmagasság, hangszín, hangosság).

Echoikus memória és Gestalt csoportosítás. Az auditív kiemelés során az információ az auditív szenzoros memóriába, más néven az echoikus memóriába jut, és auditív gestaltok jönnek létre (olyan reprezentációk, amelyek több észleletet tartalmaznak egyidejűleg). A legvalószínűbb, hogy ezeket a folyamatokat legnagyobb részben a hallókéreg felső halántéki tekervényének (gyrus temporalis superior) közép és hátulsó régiója közvetíti, beleértve a bal elsődleges hallókérget (Heschl gyrus) és a temporális mezőt (planum temporale). A gestaltok létrehozása során megtörténik a perceptuális elkülönítés, valamint a dallami, harmóniai, metrikai, ritmikai, hangszíni és térbeli csoportosítás, a korábban részletezett elvek alapján. A hallás utáni csoportosítás neurális mechanizmusáról a mai napig keveset tudunk, habár az utóbbi évek kutatásai alapján feltételezhető, hogy a temporális mező kiemelten fontos a hallási szintéranalízisben és a stream szegregációban, különösen a hangközök és a hangsorok feldolgozásában betöltött szerepe miatt (Koelsch, 2012).

Intervallum-analízis. Ezen a szinten zajlik a hangközviszonyok pontosabb percepciója, a hangok közötti távolság észlelése egymást követő (dallam) vagy egyszerre megszólaló hangok (akkord) esetében. Egyúttal ide tartozik az időintervallumok részletesebb feldolgozása is. Az intervallumészlelés két fő formája egymástól független folyamat. A dallamkontúrhoz hasonlóan, amely a jobb elsődleges hallókéreg hátulsó részéhez kapcsolódik (BA 22p), a részletesebb hangköz-analízis feltehetően ugyanennek a területnek az elülső részéhez is kötődik (BA 22p és 22a). Az időbeli intervallum feldolgozásához pedig a *planum temporale*, a kiegészítő és premotoros kéreg, a bazális ganglionok és a cerebellum kapcsolódnak (Koelsch, 2012).

Szintaktikai szerkezetek építése. A zene alkotóelemei (pl. akkordok, hangmagasságok) hierarchikus struktúrákká szerveződnek, amelyek hosszabb lélegzetvételű egységeket alkotnak, a motívumoktól egészen a teljes zeneművek átfogó szerkezetéig. A struktúrák létrehozásában alapvető szerepet játszanak a zene szintaktikai alkotóelemei, többek közt a ritmika, dallam, metrum, dinamika és hangszerelés. Egy szintaktikai egység szokatlan ingerrel való megtörése elsősorban a korai jobb oldali anterior negativitással (ERAN) vagy a jobb oldali anterior-temporális negativitással (RATN) mutat összefüggést (Koelsch, 2012).

A szerkezet újraelemzése és revíziója. A szintaktikai elemzés során az egyes elemeket a legegyszerűbb, legvalószínűbb módon kapcsoljuk egymáshoz. Azonban megtörténhet, hogy egy már felállított struktúrát újra kell értelmeznünk. Ez a jelenség a legegyszerűbben a „kerti ösvény” típusú mondatok példájával szemléltethető, amikor a mondat elején található kétértelmű szó csak a mondat végén található információ segítségével válik egyértelművé. Pl. „(1) A skót juhász egész nap a király tulajdonában lévő nyájra vigyázott, ezért este jutalmul egy hatalmas csontot kapott. (2) A skót juhász egész nap a király tulajdonában lévő nyájra vigyázott, ezért este jutalmul egy hatalmas zsák aranyat kapott.” (Németh, 2006, 39.o.). Ilyen lehet a zenében, ha a feltételezett alaphangnemről időközben kiderül, hogy mégsem az, de találkozhatunk a vokális műfajok esetében olyan jelenséggel is, amikor a zenei és a prozódiai tagolás nem esik egybe és ez az újraértelmezés és felülvizsgálat forrása. Ezek a folyamatok az LPC/P600-as komponenshez kötődnek (Koelsch, 2012).

Vitalizáció. A zenehallgatás és az aktív zenélés testi-lelki egészségre gyakorolt hatását számos kutatás bizonyította (pl. Bittman és mtsai, 2001; Mandel és mtsai, 2007; Chang, Chen és Huang, 2008; McDonald, Kreutz és Mitchell, 2012). A zenei információk tudatos integrációja aktiválja a vegetatív idegrendszert, a multimodális asszociációs kérget, mint például a parietális kéreg BA 7-es régióját. Mivel a vegetatív idegrendszer összefügg az endokrin aktivitással, a zenei észlelés és maga a zenélés a hormonrendszerre is hatást gyakorol (Koelsch, 2012). A legtöbb kutatás ezt a kortizol szint megnövekedésével támasztja alá, amely zenehallgatás (Evers és Suhr, 2000), éneklés (Kreutz és mtsai., 2004), táncolás (Murcia és mtsai., 2009) és zeneterápiás tevékenység (Burns, 2001) alatt következik be. Ugyanakkor a zenehallgatás hozzájárulhat a kortizol szint csökkenéséhez is magas szorongásszintű alanyoknál (Nilsson, 2009).

A zene hatása az immunrendszerre. Az immunrendszer és a zene kapcsolatát vizsgáló kutatások elsősorban a nyálkahártyákon bejutó kórokozók elleni védelemért felelős A immunglobulin (IgA) koncentrációjából vonnak le következtetéseket (pl. Hucklebridge és mtsai., 2000). Ez az összefüggés azonban sokkal inkább köthető egy köztes tényezőhöz, a zene hatására megfigyelhető pozitív hangulathoz (Koelsch, 2012).

A zenei észlelés által kiváltott premotoros folyamatok. Az észlelés magasabb szintjeihez és a cselekvés alacsonyabb szintjeihez kapcsolódó neurális folyamatok átfedéseket mutatnak. Premotoros aktivitás figyelhető meg például zongoristáknál, zongoradarab hallgatás közben (Haueisen és Knösche, 2001), de a jelenség nem csak professzionális zenészeknél tapasztalható, hanem amatőröknél is, például egy dal hallgatása közben (Callan és mtsai. 2006). Jól ismert jelenség, hogy zenehallgatás közben önkéntelenül is lábbal, kézmozdulattal vagy dúdolással

kísérjük a zenét, de sok olyan mozdulat is kapcsolódik a zenei észleléshez, amely nem ilyen feltűnő, például a rekeszizom ritmikus összehúzódása vagy énekeseknél a gége apró mozdulatai.

A zenei jelentés feldolgozása. A zene fontos kommunikációs eszközként információközvetítő szerepet is betölt. Koelsch a zenei információknak három fő csoportját különíti el: extra-zenei, intra-zenei és muzikogenik. Az extra-zenei információ alapja egy zenei jel zenén kívüli tartalommal való megfeleltetése, amely lehet képi, indexikus és szimbolikus. Az intra-zenei jelentés során két zenei strukturális elem egymásnak való megfeleltetéséből származik az információ. A harmadik csoport, a muzikogenik jelentés pedig fizikai folyamatokból (mint mozdulatok), érzelmekből és személyiségfüggő válaszokból (pl. preferenciák) tevődik össze (Koelsch, 2012).

A zenei észlelés neurokognitív modellje egyben olyan keretrendszer szerepét is betöltheti a zenepszichológiában, amely megkönnyíti a kutatási eredmények szintetizálását és a terület könnyebb átláthatóságát.

Összegzés

A bemutatott észlelési területek és modellek alapján képet alkothatunk a zenei észlelésről, a külvilágból érkező zenei ingerek feldolgozásáról. Látható a folyamat összetettsége, az egymásra épülő részfolyamatok hierarchiája. Megfigyelhető, hogy a kapcsolódó agyi területek a zenei észlelés viszonylagos önállóságának kiemelésére is jelentős összefüggéseket, átfedéseket mutatnak az auditív feldolgozás más területeivel, illetve további kognitív, affektív és pszichomotoros területekkel. Ezek a közös pontok magyarázatul szolgálnak a zenei fejlesztés széleskörű transzferhatásaira is.

A zenei észlelés folyamatainak megismerése fontos lépés lehet annak érdekében, hogy a képességfejlesztés tudatos alapokra épülhessen. Különösen lényeges ez a tudatosság a kisgyermekkorú nevelésben, amikor az agyi plaszticitás mértéke még igen magas, s amikor kisebb beavatkozással is jelentős, hosszútávú, pozitív eredmények érhetők el a fejlesztésben.

Köszönetnyilvánítás

A tanulmány elkészítését a Magyar Tudományos Akadémia Tantárgy-pedagógiai Kutatási Programja támogatta.

Irodalom

- Bharucha, J. & Krumhansl, C. (1983). The perception of harmonic structure in music: Hierarchies of stability as a function of context. *Cognition*, 13, 63–102.
- Benedekfi István & Buzás Zsuzsa (2016). A hangszerstanulás lehetséges transzferhatásai. *Parlando*, 2016. 1. sz. 1–12.
- Berndt, A. & Hähnel, T. (2009). Expressive Musical Timing. In: *Proceedings of Audio Mostly, 2009: 4th Conference on Interaction with Sound*. Caledonian University, Interactive Institute/Sonic Studio Pitea, Glasgow, Scotland. 9–16.
- Bittman, B. B., Berk, L. S., Felten, D. L., Westengard, J., Simonton, O. C., Pappas, J. & Ninehouser, M. (2001). Composite effects of group drumming music therapy on modulation of neuroendocrine-immune parameters in normal subjects. *Alternative Therapies in Health and Medicine*, 7. 1.sz. 38–47.
- Bregman, A. S. (1990). *Auditory scene analysis: The perceptual organization of sound*. MIT Press, Cambridge, MA.

- Burns, E. D. & Ward, W. D. (1982). Intervals, scales and tuning. In: Deutsch, D. (szerk.): *The Psychology of Music*. Academic Press, New York. 241–269.
- Butler, D. & Brown, H. (1984). Tonal structure versus function: studies of the recognition of harmonic motion. *Music Perception*, **2**. 6–24.
- Butler, D. & Brown, H. (1994). Describing the mental representation of tonality in music. In: Aiello, R. és Sloboda, J. A. (szerk.): *Musical Perceptions*, 191–212. Oxford University Press, London.
- Buzás Zsuzsa & Csontos Tamás (2016). A nyelvi és zenei feldolgozási folyamatok kapcsolódási pontjai. In: Zsolnai Anikó (szerk.): *Új kutatások a neveléstudományokban – a tanulás és nevelés interdiszciplináris megközelítése*. 173–192.
- Callan, D., Tsytsarev, V., Hanakawa, T. & Mutsaers, J. (2006). Song and speech: Brain regions involved with perception and covert production. *Neuroimage*, **31**. 3.sz. 1327–1342.
- Chang, M. J., Chen, C. H. & Huang, K. F. (2008). Effects of music therapy on psychological health of women during pregnancy. *Journal of Clinical Nursing*, **17**. 19.sz. 2580–2587.
- Cook, N. D. & Fujisawa, T. X. (2006). The psychophysics of harmony perception: harmony is a three-tone phenomenon. *Empirical Musicology Review*, **1**. 2. sz. 106–126.
- Csépe Valéria, Győri Miklós & Ragó Anett (2007). *Általános pszichológia 1–3. 1. Észlelés és figyelem*. Osiris Kiadó, Budapest.
- Csépe Valéria, Győri Miklós & Ragó Anett (2008). *Általános pszichológia 1–3. 3. Nyelv, tudat, gondolkodás*. Osiris Kiadó, Budapest.
- Csíkos Csaba & Dohány Gabriella (2016). *Connections between music literacy and music-related background variables: An empirical investigation*. *Visions of Research in Music Education*, **28**. 1–23.
- Deutsch, D. (1999). Grouping mechanism in music. In: Deutsch, D. (szerk.): *The Psychology of Music*. Academic Press, San Diego, 299–348.
- Dowling, W. J. & Fujitani, D. S. (1971). Contour, interval and pitch recognition in memory for melodies. *Journal of the Acoustical Society of America*, **49**, 524–531.
- Dowling, W. J. (1978). Scale and contour: two components of a theory of memory for melodies. *Psychological Review*, **85**, 351–354.
- Drake, C. & Botte, M. C. (1993). Tempo sensitivity in auditory sequences: Evidence for a multiple-look model. *Perception and Psychophysics*, **54**, 277–286.
- Drake, C. & Bertrand, D. (2009). The quest for universals in temporal processing in music. In: Peretz, I. és Zatorre, R. (szerk.): *The cognitive neuroscience of music*. Oxford University Press, New York. 21–32.
- Erős Istvánné (1993). *Zenei alapképesség*. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Evers, S. & Suhr, B. (2000): Changes of the neurotransmitter serotonin but not of hormones during short time music perception. *European Archives of Psychiatry and Clinical Neuroscience*, **250**. 3. sz. 144–147.
- Fraisse, P. (1963). *The Psychology of Time*. Harper and Row, New York.
- Handel, S. (1989). *Listening: an introduction to the perception of auditory events*. MIT Press, Cambridge.
- Hargreaves, D. J. (2012). Musical imagination: Perception and production, beauty and creativity. *Psychology of Music*, **40**. 5.sz. 539–557.
- Haueisen, J. & Knösche, T. (2001). Involuntary motor activity in pianists evoked by music perception. *Journal of Cognitive Neuroscience*, **13**. 6.sz. 786–792.
- Honing, H. (1999). Structure and interpretation of rhythm in music. In: Deutsch, D. (szerk.): *The Psychology of Music*. Academic Press, San Diego, 367–404.
- Honbolygó Ferenc (2015). Zene és idegrendszer, pszichoakusztika. In: Vas, B. (szerk.): *Zenepszichológia tankönyv*, PTE Zeneművészeti Intézet, 69–93.

- Hucklebridge, F., Lambert, S., Clow, A. & mtsai. (2000). Modulation of secretory immunoglobulin A in saliva: Response to manipulation of mood. *Biological Psychology*, **53**. 1.sz. 25–35.
- Jones, M. R. & Boltz, M. (1989). Dynamic attending and responses to time. *Psychological Review*, *96*, 459–491.
- Jones, M. R. (2011). Musical time. In: Hallam, S., I. Cross és Thaut, M. (szerk.): *The Oxford Handbook of Music Psychology*. Oxford University Press, Oxford. 80–93.
- Koelsch, S. (2012). *Brain & Music*. Wiley-Blackwell, Oxford.
- Koelsch, S. (2014). Music processing in the brain. In: Jaeger, D. és Jung, R. (szerk.): *Encyclopedia of Computational Neuroscience*. Springer, 1–34.
- Kreutz, G., Bongard, S., Rohrmann, S., Hodapp, V. & Grebe, D. (2004). Effects of choir singing or listening on secretory immunoglobulin A, cortisol, and emotional state. *Journal of Behavioral Medicine*, **27**. 6. sz. 623–635.
- Krumhansl, C. L. (1990). Why is musical time so hard to understand? In: *Structure and perception of electroacoustic sound and music*. Excerpta Medica, New York. 43–54.
- Lerdahl, F. & Jackendoff, R. (1983). *A generative theory of tonal music*. MIT Press, Cambridge.
- Loy, G. (2011). *Musimathics: The mathematical foundations of music. Volume I*. MIT Press, Cambridge, London.
- Mandel, S. E., Hanser, S. B., Secic, M. & Davis, B. A. (2007). Effects of music therapy on health-related outcomes in cardiac rehabilitation: a randomized controlled triad. *Journal of Music Therapy*, **44**. 3.sz. 176–197.
- Marozeau, J., de Cheveigné, A., McAdams S. & Winsberg, S. (2003). The dependency of timbre on fundamental frequency. *Journal of the Acoustical Society of America*, *114*, 2946–2957.
- Marozeau, J. & de Cheveigné, A. (2007). The effect of fundamental frequency on the brightness dimension of timbre. *Journal of the Acoustical Society of America*, *121*, 383–387.
- Matsunaga, R. & Abe, J. (2005). Cues for key perception of a melody: pitch set along? *Music Perception*, **23**. 153–164.
- Murcia, C., Kreutz, G., Clift, S. & Bongart, S. (2010). Shall we dance? an exploration of the perceived benefits of dancing on well-being. *Arts and Health*, **2**. 2.sz. 149–163.
- McAdams, S. (1999). Musical timbre perception. In: Deutsch, D. (szerk.): *The Psychology of Music*. Academic Press, San Diego, 35–67.
- McAdams, S. & Giordano, B. L. (2009). The perception of musical timbre. In: Hallam, S., I. Cross & Thaut, M. (szerk.): *The Oxford Handbook of Music Psychology*. Oxford University Press, Oxford. 72–80.
- McDonald, A. R., Kreutz, G. & Mitchell, L. szerk. (2012). *Music, Health & Wellbeing*. Oxford University Press, New York.
- Mendez, M. (2001). Generalized auditory agnosia with spared music recognition in a left-hander. Analysis of a case with a right temporal stroke. *Cortex*, **37**. 139–150.
- Meyer, L. B. (1956). *Emotion and meaning in music*. University of Chicago Press, Chicago.
- Micheyl, C., Delhommeau, K., Perrot, X. & Oxenham, A. J. (2006). Influence of musical and psychoacoustical training on pitch discrimination. *Hearing Research*, *219*, 36–47.
- Moore, B. C. J. (1973). Frequency difference limens for short-duration tones. *Journal of the Acoustical Society of America*, *54*, 610–619.
- Németh Dezső (2006). *A nyelvi folyamatok és az emlékezeti rendszerek kapcsolata*. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Nilsson, U. (2009). The effect of music intervention in stress response to cardiac surgery in a randomized clinical trial. *Heart and Lung: The Journal of Acute and Critical Care*, **38**. 3.sz. 201–207.

- Noorden, L. P. A. S. (1975). Temporal coherence in the perception of tone sequences. PhD disszertáció, Eindhoven.
- Pap János (2002). *Hang, ember, hang*. Vince Kiadó, Budapest.
- Peretz, I. & Coltheart, M. (2003). Modularity of musical processing. *Nature Neuroscience*, **6**, 7. sz. 688–691.
- Pierce, J. R. (1999). The nature of musical sound. In: Deutsch, D. (szerk.): *The Psychology of Music*. Academic Press, San Diego, 107–140.
- Roberts, L. (1986). Consonant judgements of musical chords by musicians and untrained listeners. *Acustica*, **62**, 163–171.
- Saldanha, E. L. & Corso, J. F. (1964). Timbre cues and the identification of musical instruments. *Journal of the Acoustical Society of America*, **36**, 2021–2126.
- Schmuckler, M. A. (2011). Components of melodic processing. In: Hallam, S., I. Cross és Thaut, M. (szerk.): *The Oxford Handbook of Music Psychology*. Oxford University Press, Oxford. 47–58.
- Stainsby, T. & Cross, I. (2011). The perception of pitch. In: Hallam, S., I. Cross és Thaut, M. (szerk.): *The Oxford Handbook of Music Psychology*. Oxford University Press, Oxford. 47–58.
- Steele, K. & Williams, A. (2006). Is the bandwidth for timbre invariance only one octave? *Music Perception*, **23**, 215–220.
- Steinke, W. R., Cuddy, L. L. & Jakobson, L. S. (2001). Dissociations among functional subsystems governing melody recognition after right-hemisphere damage. *Cognitive Neuropsychology*, **18**, 411–437.
- Surján Noémi (2016). A zenei fejlesztés lehetőségei diszlexiás tanulók esetében. *Gyermeknevelés*. 4. évf. 3. sz. 16–29.
- Surján Noémi & Janurik Márta (2018). A zenei észlelés fejlettségének vizsgálata hagyományos és számítógépes tesztfelvétellel. *Gyermeknevelés*. 2018. 2. sz. 32–48.
- Szigetvári Andrea (2012). A multidimenzionális hangszintér vizsgálata. *Doktori disszertáció*, Liszt Ferenc Zeneművészeti Egyetem, Művészet-és Művelődéstudományok Doktori Iskola.
- Tan, S., Pfordresher, P. & Harré R. (2010). *Psychology of Music. From sound to significance*. Psychology Press, Taylor & Francis Group, New York.
- Tenney, J. (1988). *A history of consonance and dissonance*. Excelsior, New York.
- Terhardt, E. (1984). The concept of musical consonance: a link between music and psychoacoustics. *Music Perception*, **1**, 276–295.
- Trehub, S. E. & Hannon, E. E. (2006). Infant music perception: Domain-general or domain-specific mechanism? *Cognition*, **100**, 1. sz. 73–99.
- Vos, P. G. & Troost, J. M. (1989). Ascending and descending melodic intervals: statistical findings and their perceptual relevance. *Music Perception*, **6**, 383–396.
- Yoshino, I. & Abe, J. (2004). Cognitive modeling of key interpretation in melodic perception. *Japanese Psychological Research*, **46**, 283–297.
- Zarate, J. M., Ritson, C. R. & Poeppel, D. (2012). Pitch-interval discrimination and musical expertise: Is the semitone a perceptual boundary? *Journal of the Acoustical Society of America*, **132**, 2.sz. 984–993.
- Zsigmond Gábor (2018). A szövegolvasási és kottaolvasási képesség kapcsolata. *Gyermeknevelés*. 2018. 2. sz. 80–96.