



Szerkesztette

Honbolygó Ferenc és Lukács Borbála

**Az aktív zenetanulás két modelljének
pszichológiai és idegtudományi
hatásvizsgálata**

Honbolygó Ferenc–Lukács Borbála–Asztalos Kata–Maróti Emese

Az aktív zenetanulás két modelljének pszichológiai és idegtudományi hatásvizsgálata

A könyv az „Aktív zenetanulás énekléssel és mozgással – módszerek és hatásvizsgálatuk” című projekt keretében készült. A kutatásokat a Magyar Tudományos Akadémia Tantárgypedagógiai Kutatási Programja támogatta.

Szerkesztette: Honbolygó Ferenc és Lukács Borbála

ISBN 978-615-6316-11-0

Copyright © 2021 Támogatott Kutatócsoportok Irodája, Liszt Ferenc Zeneművészeti Egyetem,
Honbolygó Ferenc, Lukács Borbála, Asztalos Kata, Maróti Emese

Felelős kiadó: Támogatott Kutatócsoportok Irodája, 1052 Budapest, Piarista utca 4.
Felelős szerkesztő: Nemes László Norbert, LFZE Kodály Zoltán Zenepedagógiai Intézet,
az MTA-LFZE Aktív Zenetanulás Kutatócsoport vezetője

Olasószerkesztő: Tóth Teréz
Technikai szerkesztők: Deszpot Gabriella és Patakiné Sztana Ágnes

Tartalomjegyzék

Előszó	4
Köszönetnyilvánítás	7
Lukács Borbála–Honbolygó Ferenc: A zenei transzferhatás kognitív és idegtudományi háttere	8
Bevezetés.....	8
A zenetanulás kognitív és társas hatásai.....	10
Zenetanulás és agyi plaszticitás	17
A mozgás szerepe a zenei transzfer kialakulásában	19
Irodalom	20
Asztalos Kata: A zenei észlelési és reprodukciós képességek fejlődésének összehasonlító vizsgálata	26
Bevezetés.....	26
A zenei képességmérés gyakorlata.....	27
Kutatási kérdések.....	29
Módszerek	29
Eredmények.....	34
Megbeszélés	43
Irodalom	45
Lukács Borbála: Az aktív zenetanulási módszerek kognitív és szocio-emocionális hatásainak vizsgálata	47
Bevezetés.....	47
Vizsgálati kérdések.....	48
1. vizsgálat	49
Eredmények és megbeszélés.....	53
Összegzés	56
2. vizsgálat	57
Eredmények és megbeszélés.....	57
Összegzés	62
Általános megbeszélés.....	62
Irodalom	65

Honbolygó Ferenc–Nelli Ni: Aktív zenetanulási módszerek hatása a zenei jellemzők agyi feldolgozására	67
Bevezetés.....	67
Vizsgálati kérdések.....	69
Módszerek	69
Eredmények.....	72
Megbeszélés	80
Irodalom	83
Maróti Emese: A hallási entrainment fejlődésének összehasonlító vizsgálata az 1. modell és a kontroll csoport között	85
Bevezető.....	85
Módszerek	86
Eredmények.....	90
Megbeszélés	95
Irodalom	97

Előszó

Ez a kötet az „Aktív zenetanulás énekléssel és mozgással – módszerek és hatásvizsgálatuk” című konzorciális pályázat keretében megvalósult kutatás eredményeit mutatja be, amelyet az MTA Tantárgy-pedagógiai Kutatási Program támogatott (SZ-009/2016). A konzorcium vezetője Nemes László Norbert, résztvevői a Liszt Ferenc Zeneművészeti Egyetem (kutatócsoport vezető: Deszpot Gabriella és Szirányi Borbála) és a Természettudományi Kutatóközpont Agyi Képzőközpont (témavezető: Honbolygó Ferenc) munkatársai voltak. A pályázat célkitűzése nem kevesebb volt, mint az általános iskolai zenepedagógiai gyakorlat megújítása a tanítási módszer oldaláról, de a Kodály-koncepció megőrzésével. A szakmódszertani fejlesztés két zenepedagógiai modell kidolgozását foglalta magában: az 1. modell („Kreatív énekes-játékok mozgással”) az irányított, zenét követő mozgásra alapozott, a 2. modell („Dinamikus énekzene-tanulás”) pedig az improvizált, szabad mozgást használta fel. Az 1. és 2. modellt részletesen a „Tanári kézikönyv. Aktív zenetanulás énekléssel és mozgással. 1. modell. Kreatív énekes-játékok ritmikus mozgással” és a „Tanári segédlet a Dinamikus énekzene-tanuláshoz az általános iskola alsó tagozatán” c. kötetek mutatják be. A zenepedagógiai fejlesztő munkát kiegészítette a modellek pszichológiai és idegtudományi hatásvizsgálata, ennek eredményeit mutatjuk be jelen kötetben.

Kodály Zoltán 1956-ban így gondolkodott a zenei nevelés hatásairól (Kodály, 1964, 305.o.): „[...] a zenével nem csak zenét tanulunk. [...] Koncentrál, testi-lelki diszpozíciót javít, munkára kedvet csinál, alkalmasabbá tesz, figyelemre-fegyelmre szoktat. [...] Ezek a gyermekek jobban számolnak, mert a szám nem elvont fogalom nekik, testükben érzik a ritmussal. Hamarabb olvasnak folyékonyan, mert a mondatban érzik, éreztetik az összefüggő zenei formát. Szebben, pontosabban írnak, mert a kottairás nagyobb vigyázatra szoktat, ott egy kissé félreecsúszott pont már más hangot jelent. A helyesírást is gyorsabban megtanulják, grafikai érzékük is fejlődik. Végül: nő a gyermek önérzete; valamit tud, amit a felnőttek sem kicsinyelnek, vagy éppen nem is tudnak.”¹ Ez a leírás pontos és részletes bemutatása annak, amit ma a zenei transzferhatás néven ismerünk. Egyre több bizonyíték áll rendelkezésre azzal kapcsolatban, hogy a zene tanulása nem csak a zenei képességeket fejleszti, hanem más, általánosabb kognitív képességekre is hatással van. A kötetben bemutatott longitudinális kutatás azt vizsgálta, hogy az éneklést, valamint a zenehallgatást kísérő mozgásélményre alapozott modellekben leírásra került új aktív zenetanulási formák hogyan alakítják a gyerekek kognitív és neurális fejlődését.

Kutatásunk jelentősége, hogy összekapcsolja a pedagógiai, pszichológiai és idegtudományi kutatásokat, amennyiben egy osztálytermi környezetben végzett zenei nevelési program kognitív képességekre gyakorolt hatását vizsgálja az idegtudomány eszközeit igénybe véve. Az ilyen típusú, oktatás-idegtudományi kutatások közvetlen visszacsatolással szolgálhatnak a pedagógusok munkáját illetően, miközben olyan finom idegrendszeri változásokat követnek, amelyek megelőzhetik a viselkedéses szinten megjelenő változásokat. Kutatásunkban nem mesterséges körülmények között létrehozott, intenzív tréningprogramok vizsgálatát tűztük ki célul, hanem

¹ Kodály Z. (1964). Tanügyi bácsik! Engedjétek énekelni a gyermekeket! In Kodály Z., Bónis F. (szerk.), *Visszatekintés. Összegyűjtött írások, beszédek, nyilatkozatok. I.* (305. o.) Budapest: Zeneműkiadó Vállalat.

normál iskolai keretek között, egy átlagos ének-zene óra keretében megvalósítható zenei nevelési modellek vizsgálatával foglalkoztunk. Ez nyilvánvalóan azzal a kockázattal járt, hogy a tréninghatások esetleg jóval gyengébben jelentkeznek, mint az intenzív programok esetében, ugyanakkor érvényességük jóval nagyobb, hiszen a programok megvalósítása bármely pedagógus számára adott.

A kötetben négy empirikus tanulmány eredményeit mutatjuk be, kiegészítve egy elméleti fejezettel, amely a zenei transzferhatás kognitív és idegtudományi hátterét ismerteti. A kötet ezen első fejezete hiánypótló munka a hazai zenepszichológiai szakirodalomban: átfogó és aktuális ismereteket nyújt a zenetanulás empirikusan vizsgálható kognitív és társas hatásairól beleértve a zenei képességek fejlődését, a szenzomotoros szinkronizációt, a nyelvi képességeket, az intellektust, a végrehajtó funkciókat, a kreativitást és a szocio-emocionális készségeket, valamint bemutatja a zenetanulás és agyi plaszticitás kapcsolatát, és kitér a mozgás szerepére a zenei transzfer kialakulásában. Ilyen értelemben ez a fejezet szolgál a kötet további részeiben bemutatásra kerülő tanulmányok általános elméleti háttereként, de hasznos összefoglaló mindazok számára, akik korszerű ismereteket kívánnak szerezni a zenei transzferhatás kapcsán.

A kötet második fejezete a zenei észlelési és reprodukciós képességek fejlődésére koncentrál. Ebben és a további vizsgálatokban az aktív zenetanulási formák hatásainak felmérését négy iskolakezdő osztályban végeztük el, és a tanulók fejlődését az iskolába lépéstől a második iskolaév végéig követtük. A résztvevők képességeit három alkalommal mértük fel (1. osztály év eleje és vége, 2. osztály év vége). A fejezetben ismertetett kutatásban a zenei képességek észlelési aspektusait egy innovatív online eszközzel mértük kiegészítve azt a zenei reprodukció két fő területének, a ritmus- és dallam reprodukciónak a vizsgálatával. A kutatás eredményei alátámasztották a mozgásos módszerek zenei képességekre gyakorolt jótékony hatását, és felhívják a figyelmet a mozgás közvetítő, összekötő szerepére a téri-vizuális és zenei képességek között, valamint a ritmusérzék fejlődésére gyakorolt pozitív hatásra is.

A harmadik fejezetben bemutatott tanulmány az iskolai környezetben zajló ének-zenei nevelés lehetséges távoli transzferhatásainak eredményeit mutatja be. A résztvevők képességeit a nyelvi képességek, végrehajtó funkciók, általános intellektus, kreativitás és empátia területén mértük fel, és a közoktatásban alkalmazott hagyományos, kodályi pedagógiai elveket követő zenei nevelés mellett a két aktív zenepedagógiai modell hatásait tanulmányoztuk. Az eredmények azt mutatták, hogy az első két iskolaévben a mozgással kiegészített ének-zene órák specifikus képességterületek fejlődését támogathatják. Ezek közül kiemelkedett a kreativitás fejlődése, amely esetében egyértelműen látható volt a mozgás hozzáadott értéke a szabad mozgásimprovizációknak teret adó zenetanulási program esetében. A kutatás eredményei felhívják a figyelmet a mozgáselemekkel kombinált, iskolai zenei nevelési programok távoli transzferhatásainak további vizsgálatára, és a motoros funkciók kognitív képességfejlődésben játszott szerepének tisztázására.

A negyedik fejezetben a zenepedagógiai modellek közül az 1. modell hatásmechanizmusait vizsgáltuk az eseményhez kötött agyi potenciálok (EKP) módszerével, két osztály, egy hagyományos módszer szerint tanuló és az 1. modell szerint tanuló osztály részvételével. A kutatásban arra kerestük a választ, hogy az aktív zenetanulási módszerrel ének-zenét tanuló gyermekek milyen fejlődési eltéréseket mutatnak a hagyományos ének-zenei órákon résztvevő gyermekekhez képest az egyes zenei jellemzők agyi feldolgozásának tekintetében. Eredményeink szerint a csoportok

között csak bizonyos zenei jellemzők (pl. idői jellemzők) feldolgozásában volt különbség, ugyanakkor csak nagyon kevés jellemző esetében találtunk bármilyen fejlődésre utaló változást. Ez arra utal, hogy az általunk használt kísérleti paradigma kifejezetten nehéz volt a résztvevők számára, és komolyan igénybe vette a vizsgált jellemzőket feldolgozó neurális rendszereket.

Az ötödik fejezetben bemutatott követéses vizsgálatunkban az 1. modell és a kontroll csoport fejlődését hasonlítottuk össze 2 éven keresztül az általános iskola megkezdésétől a 2. évfolyam befejeztéig a tempó követés, metrikus érzet és a ritmusra való kopogás képességének tekintetében egy EEG vizsgálatban. Eredményeink korábbi kutatásokkal összhangban rámutattak, hogy a metrikus érzet korábban kifejlődik, mint a mozgást előkészítő hallási folyamatok és a hallási és motoros területek interakciója. Ezen belül: a tempó követés és a ritmusra való kopogás neurális folyamatai egyik csoport esetében sem fejlődtek ki teljesen 8 éves korig, míg a metrikus érzettel összefüggő idegrendszeri aktivitás egyformán fejlett volt mindkét csoport esetében.

A kötet tanulmányai több éves interdiszciplináris kutatómunka eredményeit mutatják be, és egy folyamatosan változó összetételű kutatócsoport munkáját tükrözik. A kutatás azon tanulmányok sorát bővíti, amelyekben kimutatható gyenge mértékű tréning hatás, de ez főként a zenei képességekkel kapcsolatos, és nem szolgál erőteljes bizonyítékkal a távoli transzferhatást illetően. Ugyanakkor a kapott eredmények értékelésekor tekintetbe kell venni azt a tényt, hogy a tervezett hároméves longitudinális kutatás a COVID-19 járvány miatt két évesre csökkent, és az utolsó mérést a második iskolaév végén végeztük el. Az eredmények értelmezésekor emiatt fontos figyelembe venni azokat a hatásokat, amelyek esetenként csak gyengén vagy tendenciózusan jelentkeztek, hiszen ezek a további évek során potenciálisan erősebbé válhatnak.

A kötetben bemutatott tanulmányok abból a szempontból is lényegesek, hogy módszertani szempontból újítást jelentenek a zenei transzferkutatásban. Egyrészt az iskolai környezetben zajló hatásvizsgálatok újszerűnek számítanak, mivel nagyon kevés olyan vizsgálat van, amely nem valamilyen speciális helyzetben, hanem az iskolai tanulmányok részeként alkalmazott zenei nevelést tanulmányozza. Másrészt az általunk alkalmazott mérőeszközök (viselkedéses tesztbatteria, számítógép alapú tesztek, online tesztek) és idegtudományi módszerek (EEG, EKP) szintén újdonságnak tekinthetők a zenetanulás hatásvizsgálatának területén.

Kodály 1948. június 4-én, a Magyar Tudományos Akadémián tartott elnöki beszédében felhívta a figyelmet a tudomány és művészet egységére: „nemcsak a tudomány különféle ágai tartoznak össze, [...] hanem a tudomány és a művészet sem lehet el egymás nélkül. A tudós annál különb, minél több van benne a művészből és viszont. Intuíció, fantázia nélkül a tudós legfeljebb téglahordója lehet tudományának. Művész pedig szoros belső rend, szerkesztő logika nélkül megreked a művészet peremén.”² Bízunk benne, hogy kötetünkben megfelelően tudtuk képviselni ezt az egységet.

Budapest, 2021. 02. 08.

A szerkesztők

² Kodály Z. (1964). „Megnyitó az 1948. évi ünnepélyes közgyűlésen”. In Kodály Z., Bónis F. (szerk.), *Visszatekintés. Összegyűjtött írások, beszédek, nyilatkozatok. II.* (321-322. o.) Budapest: Zeneműkiadó Vállalat.

Köszönetnyilvánítás

Hálás köszönettel tartozunk a Kós Károly Ének-zene Emeltszintű Általános Iskola, a Bartók Béla Ének-zenei Általános Iskola, valamint a Zugligeti Általános Iskola vezetőségének és tanárainak a kutatás három éve során tanúsított támogatásáért és együttműködéséért, illetve a gyermekek és szülei bizalmáért és lelkes részvételéért.

Köszönjük Tóth Dénesnek, hogy a rendelkezésünkre bocsátotta a „Diszlexia Differenciáldiagnózisa, Maastricht” számítógépes teszt magyar változatát (3DM-H). Hálásak vagyunk Pásztor Attilának (MTA-SZTE Képességfejlődés Kutatócsoport), aki a kreativitás teszteket biztosította számunkra, és értékes segítséget nyújtott a kreativitás tesztekkel nyert válaszok elemzésében.

Köszönjük Baliga Lászlónénak, Denke Dorottyának és German Borbálának az elektrofiziológiai vizsgálatok lebonyolítását, illetve Eckhardt Fanni, Fekete Anna, Lakatos Zsuzsanna, Szabó Eszter Dóra, Tóth-Fáber Eszter, Tölgyesi Borbála és María de Lourdes Noboa Cepeda segítségét az elektrofiziológiai vizsgálatok során. Köszönjük továbbá Biró Tamarának, Lőrincz-Fazekas Mártának, Ferencz Bernadettnek, Domány Vandának, Horváth Mártonnak, Pintér Saroltnak és Prjevara Petrának a viselkedéses adatgyűjtésben nyújtott segítséget.

Lukács Borbála^{1 2} – Honbolygó Ferenc^{1 3}

A zenei transzferhatás kognitív és idegtudományi háttere

¹ ELKH Természettudományi Kutatóközpont Agyi Képző Központ

² ELTE Eötvös Loránd Tudományegyetem Pszichológiai Doktori Iskola

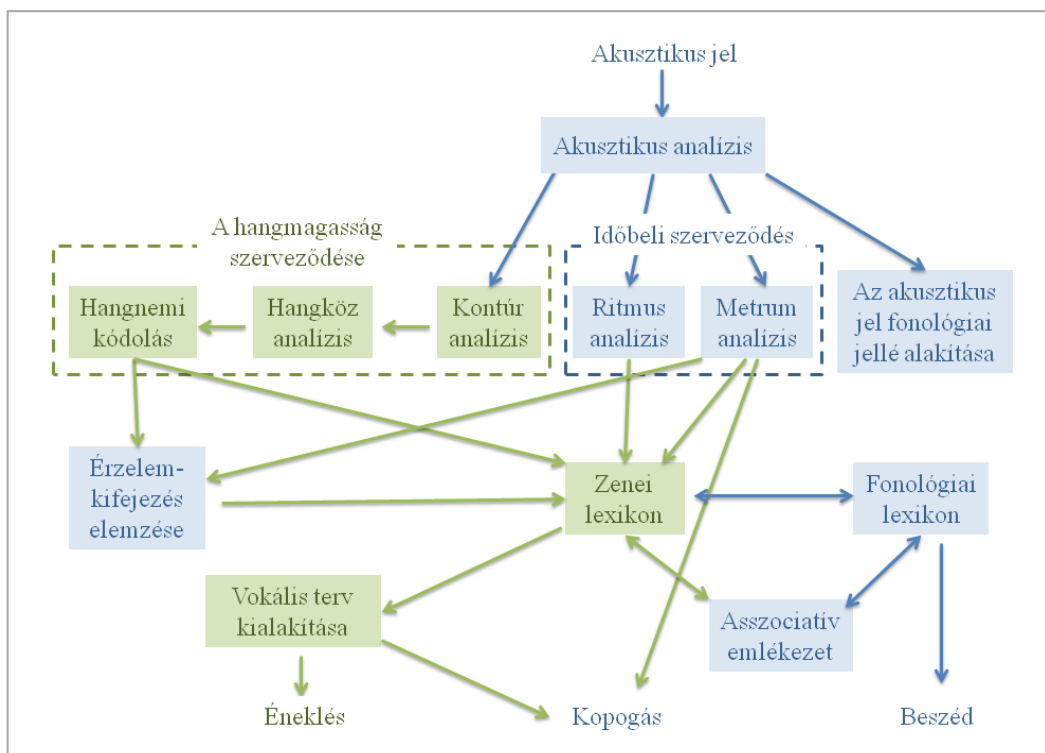
³ ELTE Eötvös Loránd Tudományegyetem Pszichológiai Intézet

Bevezetés

A zenei nevelés összetett folyamat, amelynek célja a zenei ismeretátadás és a zenei készségfejlesztés. A zenetanítás alapvetően a zenei érzék kialakítására és a zenei struktúrák elsajátítására törekszik, amit a zenei hallás és emlékezet, az énekhang-képzés, a hangszerjátékhoz és ritmizáláshoz szükséges motoros készségek, valamint a kottairás és -olvasás fókuszált fejlesztésével kívánja elérni. A zenei tevékenységek komplexitásából adódóan a sikeres zenetanulás nem kizárólag a hallási észlelés és a motoros készségek fejlődésére támaszkodik, hanem a hallási és motoros területeknek a figyelmi és általános kognitív funkciókkal való összehangolt működését igényli (Miendlarzewska & Trost, 2014). Ezek alapján felmerül a kérdés, hogy a zenetanulás során vajon csak a célzottan trenírozott képességek fejlődnek, vagy a közvetlenül nem fejlesztett, de a zenetanuláshoz elengedhetetlen képességek is megerősödnek. A zenetanulás pszichológiai és idegtudományi hatásvizsgálatai arra törekednek, hogy feltárják mindazokat a képességterületeket, amelyek fejlődésére a zenei nevelés pozitív hatást gyakorolhat a viselkedés és a neurális folyamatok szintjén.

A zenei észlelés más kognitív folyamatokhoz hasonlóan modulárisan szerveződik. Ez nem csak azt jelenti, hogy a zene önálló modult alkot a kognitív folyamatok között, hanem azt is, hogy a zene észlelése nem egységes folyamat. Peretz és Coltheart (2003) több neuropszichológiai bizonyítékot tárgyal a zenei és más képességek szelektív sérülése, illetve a zenei feldolgozás egyes aspektusainak szelektív sérülése kapcsán. Ezen empirikus bizonyítékok agysérült betegek esettanulmányaiból származnak, amelyekben azt találták, hogy bizonyos képességek specifikusan sérülnek, míg más képességek épen maradnak. Mindezen képességprofilok alapján a szerzők az 1. ábrán látható modellt javasolják a zenei feldolgozás funkcionális architektúrájának leírására. A modell szerint két részre oszthatjuk a zenei észleléssel kapcsolatos folyamatokat: a hangmagasság szerveződésének feldolgozására, és az idői szerveződés feldolgozására. A zenei ingerek feldolgozásának első lépése a hangok akusztikai elemzése, amely nem csak a zenei hangok, hanem egyéb hallási ingerek (beszéd, környezeti hangok) elemzésére is vonatkozik. Ennek a korai elemzési folyamatnak a kimenete ezután párhuzamosan kerül feldolgozásra a hangmagasság és az idő szerveződésével kapcsolatos, illetve a beszédhangokkal kapcsolatos rendszerekben. A hangmagasság szerveződése a dallamkontúr és a hangközök kinyerését, valamint a dallam hangnemének megállapítását, az idő szerveződése pedig a ritmus kinyerését és a metrum megállapítását foglalja magában. Ezen alapvető zenei jellemzők végül két rendszerben, a zenei lexikonban és az érzelemkifejezés elemzési

rendszerben kerülnek feldolgozásra, melyek egyrészt az eddigi zenei tapasztalatainkat tárolják, másrészt lehetővé teszik a zene által kifejezett érzelmek felismerését és átélését.



1. ábra. A zenei feldolgozás moduláris szerkezete (Peretz & Coltheart, 2003)

A zenetanulás hatásaira vonatkozó vizsgálatok a tanulási- vagy képességtranszfer speciális esetének tekinthetők. Jellemzően azt mérik fel, hogy a zenei nevelés során elsajátított képességek milyen széles körben „transzferálódnak” vagy generalizálódnak, azaz mely képességterületeken befolyásolhatják a tanulást és a teljesítményt. A szakirodalom a zenetanulás transzferhatásait alapvetően a transzfer távolsága alapján ítéli meg. Közeli transzfer nagymértékben hasonló kontextusok között, adott képességterületen belül alakul ki, míg a távoli transzfer egymástól jelentősen különböző feladatokban, a tréningezett képességektől eltérő területeken jelentkezik (Barnett & Ceci, 2002). A zenetanulásra vonatkoztatva közeli transzfernek tekinthető a tréningezett képességekben (pl. hallási észlelés, finommotoros képességek) megfigyelhető általános teljesítményjavulás, és távoli transzferként tartják számon a célzottan nem fejlesztett, nem-zenei képességterületeken (pl. olvasás, verbális emlékezet, végrehajtó funkciók, általános IQ, társas készségek) jelentkező fejlődést (Miendlarzewska & Trost, 2014).

Adott tanulási folyamat rendszerint hatékonyabbnak bizonyul a tréningezett képességek fejlesztésében, ezáltal a közeli transzfer kiváltásában. A legtöbb tevékenység azonban nem képes elősegíteni az elsajátított képességek generalizálását, s ezek széleskörű, további képességterületeken való felhasználását, így a távoli transzfer viszonylag ritkán jelenik meg (Moreno & Bidelman, 2014). A transzfer mai, pszichológiai és idegtudományi szemlélete szerint a zenetanulás széleskörű transzferhatása abban az esetben alakul ki, ha a célzottan fejlesztett képességek és a nem tréningezett képességek átfedő feldolgozási folyamatokat mozgósítanak, és azonos agyterületek működését igénylik (Jonides, 2004). Ennek megfelelően a közeli transzfer kialakulása

sokkal valószínűbb, mint a távoli transzfer megjelenése (Sala & Gobet, 2017). A zenei nevelés esetében tehát minél közelebb áll a zenei területhez a kérdéses képesség, annál nagyobb eséllyel tapasztalunk pozitív transzferet.

A zenetanulás transzferhatásait tanulmányozó kutatások legfőbb törekvése annak megállapítása, hogy

- 1) a zenei tréningprogramok hosszú távon mely képességterületek fejlődéséhez járulhatnak hozzá számottevően, illetve
- 2) a zenei tapasztalat és a zenei tevékenységek hogyan befolyásolják ezen képességek alapjául szolgáló idegrendszeri folyamatokat és agyi struktúrákat.

Az alábbiakban elsőként számba vesszük a zenetanulás kognitív és társas hatásait, majd áttekintjük, hogy a zenetanulás milyen hatással van az agy szerkezetére és működésére, végül pedig bemutatjuk, hogy milyen szerepe van a mozgásnak a zenei transzfer kialakulásában. Fejezetünk célja, hogy általános összefoglalást nyújtson a zenei transzferhatás pszichológiai és agyi folyamatairól, és ezzel megalapozza a további fejezetekben bemutatott tanulmányok szakirodalmi hátterét.

A zenetanulás kognitív és társas hatásai

Zenei képességek

A zenei nevelés legfőbb célkitűzése, hogy a tanuló zenei képességei a célzott fejlesztés és a rendszeres gyakorlás hatására számottevően fejlődjenek. A zenei képességek fejlődése azonban nem a formális zenetanítással veszi kezdetét. Az alapvető zenei kompetenciákat a mindennapos zenei élmények révén sajátítjuk el. A csecsemők veleszületett érzékenysége a zenei hangmagasság és ritmus iránt a hétköznapi zenei ingerek hatására kifinomodik, s implicit tudásuk alakul ki a zene adott kultúrára jellemző tonális és temporális struktúrájáról (Hannon & Trainor, 2007). Óvodáskorban a gyermekek zenei hallási diszkriminációs képessége, az éneklés pontossága és terjedelme számottevően fejlődik, illetve a zenei hangok vizuális szimbólumokkal való megfeleltetésének alapjai is kialakulnak (Kim, 2000; Miyamoto, 2007). Az iskolakezdés időszakára a tonalitás- és harmóniaérezék is fejlődésnek indul (Corrigall & Trainor, 2009; Kenney, 1997). A fejlettebb finom- és nagymotoros mozgások továbbá lehetővé teszik, hogy a gyermekek ügyesebben reprodukáljanak ritmusokat tapsolással és kopogással (Huang, 2007). Mire a gyermekek formális úton zenetanulókká válnak, ezen ún. enkulturációs folyamat által implicit zenei kompetenciára tesznek szert a zenei hallás és reprodukció, a zenére való mozgás, a zene által közvetített érzelmek átélése terén (Hannon & Trainor, 2007). Egyes tanulmányok szerint az alapvető diszkriminációs képességek (hangmagasság- és ritmusészlelés) 6–7 éves életkor körül érik el a felnőttkori képességszintet, míg a magasabb szintű hangmagasság- és ritmusészlelés (dallam-, harmónia-, tempópercepció) hosszabb fejlődésmenetet mutat, és a serdülőkor időszakára alakul ki (Fancourt, Dick, & Stewart, 2013; Gooding & Standley, 2011).

Mindazonáltal a zenei kompetenciák a formális zenei nevelés által magasabb szintre fejleszthetők, s a zenetanulók explicit zenei tudásra is szert tehetnek. Az empirikus bizonyítékok szerint a zenetanulás kezdeti szakaszában járó, 6–7 éves gyermekeknél már jellemzően megfigyelhetők a zenetanulók fejlődési előnyei a hangmagassághoz kapcsolódó zenei

diszkriminációs képességek terén. A ritmusészlelést illetően a zenetanuló és zenei képzésben nem részesülő gyermekek általában hasonló fejlődésmentet mutatnak (Bolduc & Lefebvre, 2012; Ilari, Keller, Damasio, & Habibi, 2016). A zenei észleléssel ellentétben a dallam- és ritmusreprodukciós képességek fejlődésmentete kevésbé ismert zenetanuló gyermekeknél. Egy ritka kivétel Ilari és munkatársai (2016) longitudinális kutatása, amely egy év közösségi zenetanulást követően nem talált különbséget a zenetanuló és nem zenélő gyermekek között a modellt követő dallaméneklés fejlődési ütemében, míg az ismerős dallam emlékezetből éneklése esetén a zenetanuló gyermekek fejlődése felülmúlta a nem zenélő gyermekekét.

Mindezek alapján arra következtethetünk, hogy a zenei észlelés különböző aspektusai eltérő ütemben fejlődhetnek, s a hangmagassághoz kapcsolódó zenei kompetenciák fejlődése megelőzi a ritmikai képességek fejlődését. A formális nevelés a zenetanulás kezdeti szakaszában feltehetőleg az észlelés fejlődésének ütemét gyorsíthatja fel, illetve a zenei emlékezetet erősítheti meg.

Szenzomotoros szinkronizáció

A zenei észlelés és reprodukció mellett a zene ritmusára való mozgás is veleszületett képességnek tekinthető, amelynek az alapjául a csecsemők ritmikai érzékenysége szolgálhat (Trehub & Hannon, 2006). Spontán megjelenő, ritmikusan ismétlődő mozgások már néhány hónapos csecsemők esetében is észlelhetők (Provasi, Anderson, & Barbu-Roth, 2014), azonban ebben a korai életkorban a babák még nem képesek mozgásukat aktívan a zene metrumához igazítani (Patel, 2006). A szenzomotoros szinkronizáció (entrainment; Repp, 2005), a mozgás ismétlődően megjelenő (hang)ingerekhez igazítása, 3–4 éveseknél mutatkozik meg először (McAuley, Jones, Holub, Johnston, & Miller, 2006; Provasi & Bobin-Bègue, 2003). A finom- és nagymotoros mozgások óvodáskori fejlődése jelentősen hozzájárul ahhoz, hogy a gyermekek pontosabban alkalmazkodjanak mozdulataikkal a zene lüktetéséhez (Drake, Jones, & Baruch, 2000). A mozgás ritmussal való szinkronizálása ötéves kor körül szilárdul meg (Kirschner & Tomasello, 2009), s feltehetően a ritmikai képességek általános javulása okán számottevő fejlődést mutat a 6–8. életév között (Drake et al., 2000). A szenzomotoros szinkronizáció további fejlődését illetően nincs konszenzus a szakirodalomban. Egyes tanulmányok szerint (Gembris, 2002) a zenével szinkronizált mozgás formális zenetanítás nélkül 7–8 éves kor után nem fejlődik tovább, míg más tanulmányok (Drake et al., 2000) eredményei azt bizonyítják, hogy a szenzomotoros szinkronizációban egészen a serdülőkorig spontán teljesítményjavulás tapasztalható.

A hangingerekhez való mozgásos alkalmazkodás alapját a hallási események megjelenésének pontos észlelése, az ingerek között eltelt időintervallum felbecslése, a periódus belső reprezentációjának kialakulása és motoros követése képezi (Tierney & Kraus, 2013). Az optimális szinkronizáció és a felvett tempó megtartása mindemellett a figyelem fókuszálásának és fenntartásának képességét is feltételezi. A mozgás metrumhoz való igazítása a hanginger és a motoros válasz összefüggésének szüntelen figyelemmel kísérését, valamint a motoros kivitelezés zene periódusától való eltérésének folyamatos korrekcióját igényli (Tierney & Kraus, 2013). Large és Jones (1999) elmélete szerint a ritmusészlelés a hangsúlyos és hangsúlytalan elemek váltakozásán alapulva támogatja a figyelem fókuszálását, elősegíti a hangok megjelenésének időbeli prediktálását, ezáltal a periodikus zenei ingerhez történő mozgásszinkronizációt. Ezek alapján

elképzeltető, hogy a ritmusészlelés célzott tréningezésével a figyelem dinamikus fókuszálása és a szenzomotoros szinkronizáció is fejleszthető.

A longitudinális kutatásokból származó bizonyítékok nem mutatnak egységes képet azzal kapcsolatban, hogy a formális zenei nevelési módszerek mennyiben képesek hozzájárulni a szenzomotoros szinkronizáció fejlődéséhez gyermekkorban. Egy Orff és Dalcroze pedagógiáját követő, mozgáselemeket tartalmazó zenei tréningprogram tízhetes alkalmazását követően Zachopoulou és munkatársai (2003) eredményei arra utaltak, hogy a zenei tréning jelentősebben támogatta a ritmikai szinkronizációs képességek fejlődését 4–6 éves gyermekeknél, mint a szabad játéktevékenységre építő program. Ezzel szemben Groves (1969) úgy találta, hogy a 24 hétig tartó, ritmusfókuszú tréningben részesülő gyermekek mozgás-szinkronizációja nem fejlődött hangsúlyosabban azon társaikhoz képest, akik nem vettek részt zenei képzésben. Ilari és munkatársai (2016) szintén nem tapasztaltak lényegi fejlődésbeli különbséget 6–7 éves gyermekeknél a zenetanulás függvényében. Ugyanezen életkori csoportot magyar mintán vizsgálva Maróti és munkatársai (2019) arról számoltak be, hogy a kodályi éneklésközpontú nevelés és a szenzomotoros szinkronizációt hangsúlyozó zenepedagógiai programok hasonlóan kismértékben támogatták a szinkronizációs képesség fejlődését az iskolai környezetben.

A fent bemutatott követéses vizsgálatok alapján úgy tűnik, hogy még a ritmikai hangsúlyú formális zenetanulási módszerek sem feltétlenül fejlesztik a szenzomotoros szinkronizációt a zenetanulás kezdeti szakaszában. Elképzeltető, hogy a ritmussal való szinkronizációhoz elengedhetetlen figyelmi funkciók csak hosszabb időtávon mutatnak számottevő fejlődést a zenetanulás hatására.

Nyelvi képességek

Egyre több bizonyíték áll a rendelkezésünkre azzal kapcsolatban, hogy a zenei nevelés a zenei képességterületen kívül is jótékony hatást gyakorol az alapvető hallási mechanizmusokra. A transzfer nyelvi képességterületen való megjelenésének alapjául szolgáló mechanizmusok viszont egyelőre nem egészen világosak. A szakirodalom kiemeli, hogy az idői- és frekvenciaváltozások pontos észlelése a zenei- és beszédfeldolgozás során egyaránt elemi fontosságú (Corriveau, Goswami, & Thomson, 2010). Mivel a zenei tréning a spektrális és temporális hallási jellemzőkre való érzékenységet egyaránt fejlesztheti (Besson, Chobert, & Marie, 2011), elképzeltető, hogy ezen mechanizmusok megerősödése vezet a nyelvi transzfer kialakulásához (Patel, 2008). A hallási feldolgozás általános javulása további területspecifikus fejlődést indukálhat a kogníció szintjén, így például a fonológiai feldolgozási képességek esetén (Besson et al., 2011). Mivel a fonológiai feldolgozási képességek (fonológiai tudatosság és emlékezet, gyors automatikus megnevezés) megbízható előrejelzői a későbbi olvasási képességnek (Melby-Lervåg, Lyster, & Hulme, 2012), a hallási észlelés tréningezése feltehetőleg a fonológiai feldolgozási képességeken keresztül az olvasás elsajátítását is befolyásolhatja (Ozernov-Palchik, Wolf, & Patel, 2018).

Más elméletek a zenei és nyelvi terület közötti transzfer kialakulásában a szenzomotoros szinkronizáció szerepét hangsúlyozzák. A pontos hallási időzítés elmélete (precise auditory timing hypothesis, PATH; Tierney & Kraus, 2014) szerint a fonológiai tudatosság fejlődése az időzítés észlelésének pontosságán alapul. A zenei tréning a hallási-motoros időzítés fejlesztése révén a

beszédhangok idői jegyeinek pontosabb diszkriminációjához, s így a fonológiai feldolgozási képességek magasabb szintjéhez vezethet.

A nyelvi transzfer háttér-mechanizmusainak feltárása céljából végzett vizsgálatok alapján nem teljesen egyértelmű, hogy a zenei képességek miként kapcsolódnak a fonológiai feldolgozáshoz és olvasás színvonalához. Egyes tanulmányok globális kapcsolatot jeleznek a zenei és nyelvi képességek között (Degé, Kubicek, & Schwarzer, 2015), míg mások szerint a nyelvi képességek specifikusan a ritmikai képességekkel (Douglas & Willats, 1994; Moritz, Yampolsky, Papadelis, Thomson, & Wolf, 2013) vagy a hangmagasságon alapuló zenei képességekkel (Lamb & Gregory, 1993; Lukács & Honbolygó, 2019) függenek össze. Ugyanakkor néhány, a közelmúltban megjelent empirikus bizonyíték a szenzomotoros szinkronizáció fonológiai tudatossággal és olvasással való kapcsolatára hívta fel a figyelmet (Bonacina, Krizman, White-Schwoch, & Kraus, 2018; Kertész, F. Földi, & Honbolygó, 2020).

A longitudinális kutatások eredményei döntően arról tanúskodnak, hogy csoportos zenetanulási programokban résztvevő gyermekek a nem zenélő társaikhoz képest jelentősebben fejlődnek a fonológiai feldolgozás (Degé & Schwarzer, 2011; Herrera, Lorenzo, Defior, Fernandez-Smith, & Costa-Giomi, 2011; Linnavalli, Putkinen, Lipsanen, Huotilainen, & Tervaniemi, 2018) és az olvasási készség terén (Hurwitz, Wolff, Bortnick, & Kokas, 1975; Rautenberg, 2015). Ezek ellenére Kempert és munkatársai (2016) 4–5 éves német gyermekek fejlődését két éven keresztül követve úgy találta, hogy a zenei elemekkel kombinált fonológiai tréning nem fejlesztette jelentősebb mértékben a fonológiai tudatosságot a fonológiai programhoz viszonyítva. Yazejian és Peisner-Feinberg (2009) szintén nem tapasztalt kifejezettebb fejlődést a fonológiai tudatosságot illetően a zenetanuló óvodások csoportjában, amikor egy 26 hetes, mozgásos zenetanulási programban résztvevő és a tréningben nem részesülő óvodásokat hasonlítottak össze. Fontos kiemelni, hogy a zenetanulás pozitív hatásait bizonyító tanulmányok főként a fonológiai feldolgozás és olvasási teljesítmény egy speciális aspektusában tapasztaltak kifejezettebb fejlődést zenetanulóknál, és nem általános teljesítményjavulásról számoltak be a nyelvi képességek területén. A kutatások módszertani változatossága miatt nehéz megítélni, hogy adott zenepedagógiai módszer milyen mechanizmusokra támaszkodva fejlesztheti jelentősen a nyelvi képességeket. Mindezek együttvéve felvetik annak lehetőségét, hogy a hallási észlelés és szenzomotoros szinkronizáció képességén túl egyéb területáltalános folyamatok is befolyásolhatják a zenei és nyelvi területek közötti transzfer kialakulását.

Intellektus

A zenetanulás transzferhatásai kapcsán releváns kérdésként merül fel, hogy a zenei nevelés specifikus képesség-területeken tapasztalt pozitív hatásai mennyiben köszönhetők a zenetanulók általános kognitív képességeinek. Az összefüggést tanulmányozó kutatások (Hille, Gust, Bitz, & Kammer, 2011; Schellenberg, 2011) arra utalnak, hogy a zenetanuló gyermekek magasabb IQ-val rendelkeznek a nem zenetanuló társaikhoz képest. Ezzel szemben hazai minta vizsgálatok az emeltszintű zenei nevelésben részesülő, 8–9 éves gyermekek intelligenciája azonban nem bizonyult szignifikánsan magasabb szintűnek az alapóraszámban ének-zenét tanuló gyermekekhez képest (Lukács & Honbolygó, 2019). Mindezek azt jelezhetik, hogy azok a gyermekek válnak zenetanulóvá,

akik átlag feletti IQ-val rendelkeznek. Egyes tanulmányok szerint az IQ a zenei tréning időtartamával egyenes arányosságban növekszik, és az összefüggés még akkor is stabilan fennáll, ha olyan potenciális befolyásoló tényezők, mint például a szocioökonómiai státusz (pl. a szülők iskolázottsága, a család anyagi helyzete) és a nem-zenei iskolán kívüli tevékenységek hatásait kontrollálják (Degé, Kubicek, & Schwarzer, 2011; Schellenberg, 2006).

Több empirikus eredmény is amellett szól, hogy az intellektus maga is fejleszthető a zenetanulás által. Hatéves gyermekek vizsgálata során Schellenberg (2004) azt találta, hogy a 36 hétig tartó szintetizátor- és éneklés-fókuszú zenei tréningben résztvevők általános IQ-ja nagyobb mértékben növekedett, mint a kontroll csoport tagjainak IQ-ja, akik dráma-foglalkozásokra jártak, vagy nem vettek részt tréningben. A zenetanuló gyermekek átfogó intellektuális előnyeit erősíti meg Kaviani és munkatársai (2014) kutatása, amelyek 5–6 éves iráni gyermekek számára heti Orff-zeneórákat biztosítottak három hónapon keresztül, illetve Portowitz és munkatársai (2009) kutatása, amely 6–12 éves izraeli gyermekek fejlődését két évig követte egy komplex, zenei befogadást, előadást és kreativitást is tartalmazó zenetanulási program kapcsán. Más tanulmányokban (Mehr, Schachner, Katz, & Spelke, 2013; Moreno, Marques, Santos, Santos, Castro, & Besson, 2009) azonban nem jelentkezett a zenetanulás fejlesztő hatása az általános intellektust tekintve. Mindemellett egyes kutatásokban specifikusan a téri-vizuális képességek területén (Hurwitz et al., 1975; Rauscher et al., 1997), más kutatásokban (Schlaug, Norton, Overy, & Winner, 2005) viszont kifejezetten a verbális képességek mentén figyelték meg a zenetanuló csoportok számottevő előnyét. A zenetanulás specifikus és átfogó intellektuális transzfer kialakulásához szükséges feltételeinek tisztázása a jövőbeli kutatásokra vár.

Végrehajtó funkciók

A végrehajtó funkciók kulcsfontosságú szerepet játszanak a legtöbb kognitív feladat megoldása során (Hannon & Trainor, 2007). Főbb aspektusai, így a kognitív kontroll vagy gátlás, a kognitív flexibilitás és a munkamemória (Miyake et al., 2000) a zenei tevékenységek sikeres kivitelezéséhez is elengedhetetlenek, különösképp a hangszertanulás és hangszerjáték során (Bialystok & DePape, 2009). Moreno és Bidelman (2014) szerint a távoli transzfer kialakulása attól függ, hogy a zenei tréning milyen mértékben képes finomhangolni a területáltalános kognitív képességeket, köztük a végrehajtó funkciókat. Számos longitudinális kutatás irányult ezért annak feltárására, hogy a gyermekkori zenetanulás mennyiben befolyásolhatja a végrehajtó funkciók fejlődését.

Roden, Kreutz és Bongard (2012) 7–8 éves gyermekeket vizsgálva kifejezetten a verbális emlékezet területén azonosított jelentősebb fejlődést azoknál a gyermekeknél, akik 18 hónapon keresztül iskolai zenei nevelésben vettek részt, szemben a természettudományos tréningben résztvevő és tréningben nem részesülő csoportokkal. A vizuális emlékezetet illetően nem tapasztaltak csoportkülönbséget. Hasonló eredményekkel zárult az a 4–6 éves óvodásokkal végzett vizsgálat (Bolduc & Lefebvre, 2012), amelynek során 10 hét zenei elemekkel kiegészített, mondókákat alkalmazó tréning hatékonyságát egy nyelvi fókuszú, illetve egy passzív mondókahallgatásra épülő tréning hatásaival vetették össze. Ezek alapján úgy tűnik, hogy a gyermekkori zenetanulás azoknak a rövidtávú emlékezeti és munkamemória-funkcióknak a

fejlődését érintheti pozitívan, amelyek specifikusan a hallási információfeldolgozáshoz kapcsolódnak.

A formális zenei nevelés kognitív gátlásra gyakorolt hatásai kevésbé egyértelműek. A longitudinális vizsgálatok eredményei döntően azt jelzik, hogy a csoportos zenetanulás hatékonyabban fejleszti óvodások és kisiskolások gátlási funkcióit a képzőművészeti programokhoz (Jaschke, Honing, & Scherder, 2018; Moreno et al., 2011) és Lego-építési tréninghez viszonyítva (Bugos & DeMarie, 2017). Egyes tanulmányok (Linnavalli et al., 2018) szerint azonban a zenei nevelés a táncórákkal összehasonlítva nem járul hozzá jelentősebben a gátlási képességek fejlesztéséhez óvodáskorban. Mindezen eredményekből az körvonalazódik, hogy a gyermekkori csoportos zenetanulás – valószínűleg az alkalmazott zenei tréning tartalmától függően – a végrehajtó funkciók specifikus aspektusainak fejlődését támogathatja.

Egyes elképzelések szerint a zenetanulás általános kognitív képességekre gyakorolt jótékony hatását a végrehajtó funkciók fejlődése közvetíti. Az empirikus bizonyítékok ugyanakkor nem támasztják alá egyértelműen a végrehajtó funkciók általános mediáló szerepét a távoli transzfer kialakulásában. Egymásnak ellentmondó eredményekkel zárultak azok a tanulmányok, amelyek a zenetanulás intellektusra gyakorolt hatását vizsgálták a végrehajtó funkciók függvényében (Degé et al., 2011; Schellenberg, 2011). A zenetanulás hatására intenzíven fejlődő végrehajtó funkciók viszont releváns közvetítőnek bizonyultak az iskolai teljesítmény alakulásában (Jaschke et al., 2018). A zenetanulás kognitív kontrollra gyakorolt pozitív hatása okán Moreno és Farzan (2015) amellel érvel, hogy a gátló funkciók lehetnek a zenei tréning indukálta képességtranszfer hatékony közvetítői. Mivel a végrehajtó funkciók kognitív frissítés és váltás komponenseit ebben a kontextusban ez idáig kevésbé vizsgálták, további kutatások szükségesek az egyes aspektusok távoli transzfer kialakulásában játszott szerepének tisztázására.

Kreativitás

A zenei nevelés kreativitás fejlődésére gyakorolt hatásának vizsgálata viszonylag kevés figyelmet kapott a nemzetközi szakirodalomban. A terület annak ellenére szorult háttérbe, hogy a gyermeki kreatív gondolkodás a zenélés folyamatában spontán módon is rendre megnyilvánul. A zenei kreativitás gyermekkorban a zenére adott természetes reakciónak tekinthető, s a spontán kezdeményezett zenélésben, éneklésben, zenére történő mozgásban és a hangszerjátékban érhető tetten (Koutsoupidou & Hargreaves, 2009). Kezdetben a zenei improvizációkat az önkifejezés, a zenei elképzelések felfedezése és a zenei hangokkal való kísérletezés hajtja, a zenei stuktúrákhoz és szabályokhoz való alkalmazkodás igénye nélkül. A zenei tapasztalat növekedésével azonban az improvizációkban megjelennek a stratégiák, s az improvizatív zenélés folyamatának öröme mellett egyre fontosabbá válik a kreatív produktum minősége is (Hickey, 1995). Az improvizációkban megnyilvánuló zenei kreativitás egy tréningezhető képesség (Balkin, 1990), amely az intellektuális fejlődéssel és a zenetanulással párhuzamosan növekvő tendenciát mutat (Koutsoupidou & Hargreaves, 2009).

Az empirikus eredmények arra utalnak, hogy a zenetanulás folyamatába ágyazott improvizációs tevékenységek valóban elősegítik a gyermekek zenei kreativitásának fejlődését. Koutsoupidou és Hargreaves (2009) hatéves gyermekek körében hat hónapon keresztül követte a

zenei kreativitás fejlődését. Az éneklés, a zenére mozgás és a hangszerek spontán, kreatív használata abban a csoportban fejlődött kifejezettebben, ahol az iskolai énekórákon improvizációs tevékenységek is szerepeltek. A didaktikus, zenetanár által irányított énekórák kevésbé támogatták a zenei kreativitás fejlődését. Hasonló eredményekről számolt be az a hazai kutatás, amelynek során Kalmár és Balaskó (1987) különböző fókuszú, csoportos zenei nevelésben résztvevő óvodásokat vizsgált. A hagyományos módszerrel zenét tanuló csoporttal szemben az az óvadás csoport produkálta a legtöbb és legváltozatosabb, zeneileg leginkább gazdag dallamimprovizációkat, ahol a zenetanulás meglehetősen kreatív környezetben, a csoport mindennapjainak szerves részeként zajlott. A fenti eredmények alapján a zenei kreatív gondolkodás fejlődésében jelentős szerepet játszhat az, hogy a zenetanulási közeg és az alkalmazott zenepedagógiai megközelítés mennyiben biztosít lehetőséget a kötetlen, kreatív improvizációkra.

Felmerül továbbá a kérdés, hogy a zenetanulás jótékony hatása vajon a zenei kreativitásra korlátozódik, vagy a kreatív gondolkodás általánosságban is fejleszthető a zenei tevékenységek által. Az empirikus bizonyítékok szerint a zenetanulás még a kreativitás explicit hangsúlyozása nélkül is elősegíti a kreatív gondolkodás fejlődését. Első osztályosok fejlődését vizsgálva Wolff (1978) számolt be, hogy az egy évig tartó, mindennapos zenei nevelésben részesülő gyermekek jobban teljesítettek a kreativitás teszteken a kontroll társaikhoz képest. Barkóczi Ilona és Pléh Csaba longitudinális kutatása (Barkóczi & Pléh, 1977) a kodályi zenepedagógia hatásvizsgálatára irányult. Eredményeik arra hívták fel a figyelmet, hogy a közoktatásban zajló, intenzív zenei nevelés jótékony hatást gyakorol a kreativitás fejlődésére az első négy iskolaév során. Az említett tanulmányok pozitív eredményei ellenére egyelőre nem világos, hogy a zenetanulás milyen mechanizmusok által támogathatja a gyermekek általános kreativitásának fejlődését, ha tréning folyamatában nem jelenik meg hangsúlyosan a zenei kreativitás és improvizáció.

Szocio-emocionális készségek

A zenei tréningprogramok társas készségekre és érzelmekre vonatkozó hatásainak tanulmányozását azok az evolúciós elméletek motiválták, amelyek szerint a közösségi zenélés egyfajta adaptív viselkedésnek tekinthető, amely elősegíti a társas kohézió kialakulását (Huron, 2001). A zenélés alapvetően társas tevékenység, amely a csoportban együtt zenélő személyek közötti interakciókra, valamint attitűdök és érzelmek kifejezésére nyújt lehetőséget (Cross, Laurence, & Rabinowitch, 2012). A sikeres csoportos zenélés egyfajta „megosztott intencionalitást” feltételez, amely a csoporttagok együttműködésén és összehangolt cselekvésén alapul a közös zenei cél elérése érdekében (Kirschner & Tomasello, 2009). A közösségi zenélés közben megjelenő komplex zenei-érzelmi-testi interakciók az összetartozás érzését erősítik a csoporttagokban, s a társas kötődés kialakulásához vezethetnek (Huron, 2001). Ezek alapján feltételezhető, hogy a közösségi zenélés és csoportos zenetanulás elősegítheti a társas készségek és az érzelmek felismerésének és megértésének fejlődését gyermekkorban (Hallam, 2010).

A zenetanulás szocio-emocionális készségekre gyakorolt pozitív hatását ez idáig főként olyan zenei programok alkalmazásával sikerült igazolni, amelyeket célzottan a gyermekek társas készségeinek fejlesztésére dolgoztak ki. Kalliopuska és Roukonen (1993) 6–7 éves gyermekek fejlődését vizsgálta, s a kontroll csoporthoz viszonyítva azoknál a gyermekeknél tapasztalt

intenzívebb fejlődést az empátia és proszociális készségek terén, akik három hónapon keresztül heti egy alkalommal egy zenei tevékenységekkel ötvözött, érzelmi fejlődést célzó programban vettek részt. Idősebb, 8–11 éves gyermekek fejlődését követve Rabinowitch és munkatársai (2013) úgy találták, hogy a társas interakciókat ösztönző, csoportos zenei játékokat tartalmazó programban résztvevő gyermekek egy év után szignifikánsan magasabb empátiával rendelkeztek, mint azon társaik, akik nem-zenei fókuszú, dramatikus-játékos foglalkozásokon vettek részt, vagy nem részesültek speciális tréningben.

Egyes tanulmányok szerint a zenetanulás abban az esetben is pozitív hatással lehet a szocio-emocionális készségekre, ha a zenélés során nem fektetnek explicit hangsúlyt a társas készségek fejlesztésére. Szintén a zenetanulók fejlődési előnyét erősítette meg 8–9 éveseknél Schellenberg és munkatársai (2015) kutatása, amely tíz hónap osztálytermi, csoportos zenetanulási programot követően nagyobb mértékű fejlődést tárt fel a tréningben részesülő gyermekek proszociális viselkedésében a kontroll gyermekek csoportjához képest. Ugyanakkor ez a pozitív hatás csak azoknál a gyermekeknél volt megfigyelhető, akik a zeneórákat megelőzően alacsonyabb szintű társas készségekkel rendelkeztek. Schellenberg egy másik tanulmányban (2004) arról számolt be, hogy magán zeneórákon (szintetizátor- vagy énekórákon) résztvevő hatéves gyermekek adaptív társas viselkedése szülei kérdőíves beszámolója alapján nem változott számottevően a vizsgált egyéves időszakban, míg a dráma foglalkozásokon résztvevő gyermekek esetén jelentős fejlődés mutatkozott. Mindezek alapján valószínűsíthető, hogy a társas készségeket direkt módon nem trenírozó zenetanulási programok abban az esetben járulhatnak hozzá számottevően a szocio-emocionális készségek fejlődéséhez, ha a zenélés társas közegben zajlik, amely lehetőséget teremt a gyermekek közötti interakciókra.

Zenetanulás és agyi plaszticitás

Peretz és Coltheart (2003) fent bemutatott moduláris modellje a zenei feldolgozás architektúrájáról kiváló kiindulópontul szolgál a zenei észlelés idegrendszeri hátterének tanulmányozásához. Egyre több tanulmány születik arról is, hogy a zene tanulása hogyan modulálja az agy működését, sőt struktúráját. Az első kutatások elsősorban profi zenészeknél tudtak a zenei tréning hatására létrejövő agyi strukturális változásokat kimutatni. Elbert és munkatársai (1995) kulcsfontosságú tanulmányukban kimutatták, hogy professzionális hegedűművészek esetében a bal kéz ujjainak kérgi reprezentációja nagyobb volt, mint a nem-zenészek esetében, de nem volt ilyen különbség a jobb kéz ujjainak reprezentációja esetében. Az agyi működés szintjén Pantev és munkatársai (1998) azt találták, hogy a hangszerek által játszott zenei hangok nagyobb agyi elektromos választ váltottak ki a hallókéreg területén a tiszta hangokhoz képest a zenészeknél. Ráadásul ez a válasz kiemeltebb volt akkor, ha a saját hangszerük hangját hallották, mintha egy másik hangszert hallottak volna (Pantev, Roberts, Schulz, Engelen, & Ross, 2001). Ezen eredmények arra utalnak, hogy az intenzív, sok éven át tartó zenei tréning alapvető plasztikus változásokhoz vezet az agyban.

Ugyanakkor azzal kapcsolatban is vannak eredmények, hogy nem csak professzionális zenészek esetében találunk a zenei tréning által indukált agyi változásokat. Stewart és munkatársai (2003) funkcionális mágneses képalkotó eljárással (fMRI) vizsgálták egy 15 hetes zongora tréning hatásait az agyi funkcionális változásokra zeneileg képzetlen felnőttek esetében. Azt találták, hogy

a tréninget követően több agyi területen is (superior parietális kéreg, supramarginális gyrus) megnövekedett agyi aktivitás volt megfigyelhető a zongorajáték során a tréninget megelőző aktivitáshoz képest. Trainor és munkatársai (2003) összefoglaló cikkükben olyan tanulmányok eredményeit ismertetik, amelyek azt találták, hogy felnőtt, zeneileg nem képzett résztvevők esetében néhány hetes tréninget követően az úgynevezett P2 hallási eseményhez kötött agyi potenciál (EKP) komponens amplitúdója megnövekedett, azaz a hangok kérgi reprezentációja megváltozott.

A gyermekekkel folytatott zenei tréning agyi szerkezetre és működésre gyakorolt hatásai kapcsán is több eredmény áll rendelkezésre. Hyde és munkatársai (2009) 6 éves gyermekeket vizsgáltak, és azt találták, hogy 15 hónapos zongoratanulás során strukturális változások voltak kimutathatók a gyermekek agyának hallási és motoros területein, és ezek a változások korreláltak a viselkedéses szinten mért teljesítményjavulással. Shahin és munkatársai (2004) nagyobb hallási P1 hallási EKP választ találtak egy 1 éves hangszeres képzésben résztvevő gyerekek esetében mind a zenei, mind a tiszta hangokra, illetve megnövekedett P2 EKP-t találtak specifikusan a gyerekek által tanult hangszer hangjára. Fujioka és munkatársai (2006) hasonló hangszeres képzésben részt vevő gyerekeket tanulmányoztak MEG (mágneses enkefalográf) segítségével, és megint csak a tanult hangszer hangjára egy nagyobb mN250 komponenst találtak a képzésben részt vevő gyerekek esetében a képzésben részt nem vevőkhöz képest. Az ilyen egyszerű hangokkal végzett kísérletek eredménye tehát azt mutatja, hogy már viszonylag rövid idő alatt is plasztikus változások történnek az agyban, ami a hallási információ feldolgozásának és kategorizációjának javulásában érhető tetten.

Moreno és munkatársai (2009) egy longitudinális kutatásban a zenei tréning transzferhatásait tanulmányozta. Az eredmények szerint 6 hónapos tréning után javultak a tréning csoport hangmagasság diszkriminációs és olvasási képességei a kontrollcsoportéhoz képest, amit a megnövekedett N300 és késői pozitív EKP komponens is jelzett. Moreno és Besson (2006) egy korábbi vizsgálatban csupán 8 hétnyi tréning után is ki tudtak mutatni változásokat az agyi folyamatok szintjén: a késői pozitív EKP komponens megnövekedését találták a nyelvi prozódiai jellemzők feldolgozásában.

Putkinen és munkatársai (2014) 9–13 éves gyermekeket tanulmányoztak az úgynevezett zenei többjellemzős paradigmával. A saját kutatásainkban is használt eljárás lényege, hogy egy passzív helyzetben, amelyben a résztvevők nem a bemutatott ingerre figyelnek, hanem valamilyen elterelő feladatot végeznek, például videófilmet néznek, a gyermekek zenei hangsorokat hallanak. A dallamrészletek több különböző, zeneileg lényeges változást tartalmaznak úgy mint a dallam vagy ritmus modulációja, a dallam transzpozíciója, egy hangnembe nem illeszkedő hamis hang megjelenése és a hangszín vagy az időzítés megváltozása. Ezen változások, amennyiben a résztvevők észlelik őket, kiváltják az Eltérési Negativitást (EN) EKP komponenst. Putkinen és munkatársai (2014) kísérletükben zenei képzésben részt vevő és részt nem vevő gyermekek vizsgálatával azt kapták, hogy 9 éves korban még nem volt különbség a csoportok között, de 11 illetve 13 éves korukra a csoportok már jelentősen eltértek a zenei jellemzők feldolgozásában.

Azzal kapcsolatban, hogy a zenei tréning milyen módon változtatja meg az agy működését, Kraus és Chandrasekaran (2010) azt feltételezik, hogy amikor a zenei tréning során a résztvevők aktívan foglalkoznak a zenei hangokkal, akkor javul a hangok és azok jelentésének megfeleltetése a zenét, beszédet és vokális érzelmeket illetően, ez pedig javítja a hangmintázatok észlelését és

kódolását. A javulás háttérében a különböző hallási jellemzők feldolgozásával kapcsolatos kérgi és kéreg alatti mechanizmusok plasztikus szelektív változását feltételezik, amelyek a hallási ingerek feldolgozásának finomhangolását hozzák magukkal. Ez az elképzelés tehát nem csak a zenei tréninggel kapcsolatos agyi változásokról szól, hanem arról is, hogy a zenei tréning révén hogyan fejlődnek egyéb hallási és más kognitív képességek.

A mozgás szerepe a zenei transzfer kialakulásában

A zenei megismerés tanulmányozását alapvetően az a szemlélet határozza meg, amely a zenei észlelés oldaláról közelíti meg a zenei folyamatok vizsgálatát. A nézet a zenei kogníciót a zene szerkezeti jellemzőinek és mintázatainak feldolgozásával azonosítja, a zenét követő érzelmeket és mozgást pedig az elvárásokon alapuló mintázatfeldolgozás következményének tekinti (Huron, 2006; Jackendoff & Lerdahl, 2006). Ezen hagyományos megközelítés mellett az utóbbi években egyre hangsúlyosabbá vált az embodied kogníció szemlélete a szakirodalomban, amely szerint a kognitív folyamatok a test és annak környezete közötti interakciókat igénylik (Wilson, 2002). Az embodied zenei kogníció megközelítése amellel érvel, hogy a zenei jellemzők feldolgozása a test közvetítésével, spontán mozdulatok által megy végbe (Maes, Leman, Palmer, & Wanderley, 2014). A mozgás zenére reflektáló és zenét követő tulajdonsága is jelzi, hogy a zene észlelése és a zenére történő mozgás interaktív kapcsolatban állnak egymással: a mozdulatok nem pusztán a zenei ingerre adott válaszoknak tekinthetők, hanem aktív részei a zenei észlelés folyamatának (Keller & Rieger, 2009; Leman, Nijs, Maes, & Van Dyck, 2017; Todd, 1999).

Egyre több empirikus eredmény mutat rá arra, hogy a mozgás szerepe valóban nem hanyagolható el a zenei észlelés folyamatában. Phillips-Silver és Trainor tanulmányai (Phillips-Silver & Trainor, 2005, 2007) több ízben is közvetlen bizonyítékkal szolgáltak arra vonatkozóan, hogy a mozgás már csecsemőkorban meghatározza a zene ritmikai jellegzetességeinek feldolgozását. Eredményeik alapján arra következtettek, hogy a mozgás és a ritmusészlelés összefüggésének háttérében a szenzomotoros és vesztibuláris ingerek integrációjáért felelős mechanizmusok állhatnak. A zenei kogníció motoros funkciókkal való szoros összefüggését tovább erősítik azok az idegtudományi adatok, amelyek szerint az általános kognitív képességek és a motoros funkciók párhuzamos fejlődést mutatnak gyermekkorban. A komplex kognitív és motoros funkciókat biztosító agyi struktúrák, így a prefrontális kéreg és a kisagy hasonlóan hosszú érési folyamaton megy keresztül, amelyben az 5–10 éves kor közötti időszak kifejezetten intenzív időszaknak számít (Anderson, Anderson, Northam, Jacobs, & Catroppa, 2001; Diamond, 2000). Szintén a motoros és kognitív működések kapcsolatára utal, hogy az említett agyterületek egyidejű aktivációt mutatnak különféle kognitív és motoros feladatban, főként új és kihívást jelentő helyzetekben (Diamond, 2000). Van der Fels és munkatársai (2015) összefoglaló tanulmányában specifikus korrelációt tárt fel prepubertás korú gyermekeknél a kognitív képességek és komplex motoros készségek (finommotoros készségek, bilaterális mozgáskoordináció, mozdulatok sorrendezése) között olyan feladatokban, amelyek jelentős kognitív erőfeszítést igényelnek. Ezek alapján feltételezhető, hogy a komplex mozgásformák zenei tevékenységek során történő tréningezése további pozitív hatással lehet a magasabb szintű kognitív képességek fejlődésére gyermekkorban.

A mozgás zenei tréningprogramokban való alkalmazása egyébként sem példa nélküli. Kodály, Orff, Suzuki vagy Dalcroze zenepedagógiai elveit követve a legtöbb zenei nevelési program különféle finom- és nagymotoros mozgásformákat alkalmaz a gyakorlatban, így a tapsolás, dobolás, kopogás, testtel ritmizálás és a táncolás is szerves része a zenei tevékenységeknek. A korábbiakban néhány hosszmetzeti kutatás megkísérelte a mozgással kombinált zenei tréningek hatásainak feltérképezését, és területspecifikus vagy elenyésző fejlődést tárt fel a gyermekek zenei (Rohwer, 1998; Shiobara, 1994) és nyelvi képességeinek fejlődését illetően (Yazejian & Peisner-Feinberg, 2009). Mivel ezek a kutatások eltérő életkori csoportokban különféle zenei tréningek és mozgásformák alkalmazását vizsgálták, ezért a mozgás potenciális szerepe a gyermekkori zenetanulás által indukált transzfer megjelenésében továbbra sem világos.

Irodalom

- Anderson, V. A., Anderson, P., Northam, E., Jacobs, R., & Catroppa, C. (2001). Development of executive functions through late childhood and adolescence in an Australian sample. *Developmental Neuropsychology*, 20(1), 385–406. https://doi.org/10.1207/S15326942DN2001_5
- Balkin, A. (1990). What Is Creativity? What is Not? *Music Educators Journal*, 76(9), 29–32. <https://doi.org/10.2307/3401074>
- Barkóczi, I., & Pléh, C. (1977). *Kodály zenei nevelési módszereinek hatásvizsgálata*. Kecskemét: Kodály Intézet.
- Barnett, S. M., & Ceci, S. J. (2002). When and where do we apply what we learn? A taxonomy for far transfer. *Psychological Bulletin*, 128(4), 612–637. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.128.4.612>
- Besson, M., Chobert, J., & Marie, C. (2011). Transfer of training between music and speech: Common processing, attention, and memory. *Frontiers in Psychology*, 2:94. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2011.00094>
- Bialystok, E., & DePape, A. M. (2009). Musical Expertise, Bilingualism, and Executive Functioning. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 35(2), 565–574. <https://doi.org/10.1037/a0012735>
- Bolduc, J., & Lefebvre, P. (2012). Using Nursery Rhymes to Foster Phonological and Musical Processing Skills in Kindergarteners. *Scientific Research*, 3(4), 495–502. <https://doi.org/10.4236/ce.2012.34075>
- Bonacina, S., Krizman, J., White-Schwoch, T., & Kraus, N. (2018). Clapping in time parallels literacy and calls upon overlapping neural mechanisms in early readers. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1423(1), 338–348. <https://doi.org/10.1111/nyas.13704>
- Bugos, J. A., & DeMarie, D. (2017). The effects of a short-term music program on preschool children's executive functions. *Psychology of Music*, 45(6), 855–867. <https://doi.org/10.1177/0305735617692666>
- Corrigan, K. A., & Trainor, L. J. (2009). Effects of musical training on key and harmony perception. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1169, 164–168. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2009.04769.x>
- Corriveau, K. H., Goswami, U., & Thomson, J. M. (2010). Auditory processing and early literacy skills in a preschool and kindergarten population. *Journal of Learning Disabilities*, 43(4), 369–382. <https://doi.org/10.1177/0022219410369071>
- Cross, I., Laurence, F., & Rabinowitch, T.-C. (2012). Empathy and Creativity in Group Musical Practices: Towards a Concept of Empathic Creativity. In G. E. McPherson & G. Welch (Eds.), *The Oxford Handbook of Music Education* (Second Ed, pp. 336–353). Oxford University Press, Oxford. <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780199928019.013.0023>
- Degé, F., Kubicek, C., & Schwarzer, G. (2011). Music lessons and intelligence: a relation mediated by executive functions. *Music Perception: An Interdisciplinary Journal*, 29(2), 195–201. <https://doi.org/10.1525/mp.2011.29.2.195>
- Degé, F., Kubicek, C., & Schwarzer, G. (2015). Associations between musical abilities and precursors of reading

- in preschool aged children. *Frontiers in Psychology*, 6:1220. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.01220>
- Degé, F., & Schwarzer, G. (2011). The effect of a music program on phonological awareness in preschoolers. *Frontiers in Psychology*, 2:124. <https://doi.org/10.1177/002242940505300302>
- Diamond, A. (2000). Close interrelation of motor development and cognitive development and of the cerebellum and prefrontal cortex. *Child Development*, 71(1), 44–56. <https://doi.org/10.1111/1467-8624.00117>
- Douglas, S., & Willats, P. (1994). The Relationship Between Musical Ability and Literacy Skills. *Journal of Research in Reading*, 17, 99–107. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9817.1994.tb00057.x>
- Drake, C., Jones, M. R., & Baruch, C. (2000). The development of rhythmic attending in auditory sequences: Attunement, referent period, focal attending. *Cognition*, 77, 251–288. [https://doi.org/10.1016/S0010-0277\(00\)00106-2](https://doi.org/10.1016/S0010-0277(00)00106-2)
- Elbert, T., Pantev, C., Wienbruch, C., Rockstroh, B., & Taub, E. (1995). Increased cortical representation of the fingers of the left hand in string players. *Science*, 270(5234), 305–307. <https://doi.org/10.1126/science.270.5234.305>
- Fancourt, A., Dick, F., & Stewart, L. (2013). Pitch-change detection and pitch-direction discrimination in children. *Psychomusicology: Music, Mind, and Brain*, 23(2), 73–81. <https://doi.org/10.1037/a0033301>
- Fujioka, T., Ross, B., Kakigi, R., Pantev, C., & Trainor, L. J. (2006). One year of musical training affects development of auditory cortical-evoked fields in young children. *Brain*, 129(10), 2593–2608.
- Gembris, H. (2002). *Grundlagen musikalischer Entwicklung unter dem spezifischen Aspekt der Kommunikation*. Retrieved from https://kw.uni-paderborn.de/fileadmin/fakultaet/Institute/IBFM/Downloads/Abstract_Karajan_Centrum.pdf
- Gooding, L., & Standley, J. M. (2011). Musical Development and Learning Characteristics of Students: A Compilation of Key Points From the Research Literature Organized by Age. *Update: Applications of Research in Music Education*, 30(1), 32–45. <https://doi.org/10.1177/8755123311418481>
- Groves, W. C. (1969). Rhythmic Training and Its Relationship to the Synchronization of Motor-Rhythmic Responses. *Journal of Research in Music Education*, 17(4), 408–415. <https://doi.org/10.2307/3344169>
- Hallam, S. (2010). The power of music: Its impact on the intellectual, social and personal development of children and young people. *International Journal of Music Education*, 28(3), 269–289. <https://doi.org/10.1177/0255761410370658>
- Hannon, E. E., & Trainor, L. J. (2007). Music acquisition: effects of enculturation and formal training on development. *Trends in Cognitive Sciences*, 11(11), 466–472. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2007.08.008>
- Herrera, L., Lorenzo, O., Defior, S., Fernandez-Smith, G., & Costa-Giomi, E. (2011). Effects of phonological and musical training on the reading readiness of native- and foreign-Spanish-speaking children. *Psychology of Music*, 39(1), 68–81. <https://doi.org/10.1177/0305735610361995>
- Hickey, M. M. (1995). *Qualitative and quantitative relationships between children's creative musical thinking processes and products*. *Doktori disszertáció*. Northwestern University, Evanston, Illinois.
- Hille, K., Gust, K., Bitz, U., & Kammer, T. (2011). Associations between music education, intelligence, and spelling ability in elementary school. *Advances in Cognitive Psychology*, 7, 1–6. <https://doi.org/10.2478/v10053-008-0082-4>
- Huang, F. T. (2007). *Preschool piano methods and developmentally appropriate practice*. University of Missouri-Columbia. <https://doi.org/10.32469/10355/4721>
- Huron, D. (2001). Is music an evolutionary adaptation? *Annals of the New York Academy of Sciences*, 930, 43–61. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2001.tb05724.x>
- Huron, D. (2006). *Sweet anticipation: Music and the psychology of expectation*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Hurwitz, I., Wolff, P. H., Bortnick, B. D., & Kokas, K. (1975). Nonmusical Effects of the Kodaly Music Curriculum in Primary Grade Children. *Journal of Learning Disabilities*, 8(3), 167–174. <https://doi.org/10.1177/002221947500800310>
- Hyde, K. L., Lerch, J. P., Norton, A., Forgeard, M., Winner, E., Evans, A. C., & Schlaug, G. (2009). Musical training shapes structural brain development. *Journal of Neuroscience*, 29(10), 3019–3025. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.5118-08.2009>
- Ilari, B. S., Keller, P., Damasio, H., & Habibi, A. (2016). The Development of Musical Skills of Underprivileged Children Over the Course of 1 Year: A Study in the Context of an El Sistema-Inspired Program. *Frontiers*

- in Psychology*, 7:62. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.00062>
- Jackendoff, R., & Lerdahl, F. (2006). The capacity for music: What is it, and what's special about it? *Cognition*, 100(1), 33–72. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2005.11.005>
- Jaschke, A. C., Honing, H., & Scherder, E. J. A. (2018). Longitudinal Analysis of Music Education on Executive Functions in Primary School Children. *Frontiers in Neuroscience*, 12:103. <https://doi.org/10.3389/fnins.2018.00103>
- Jonides, J. (2004). How does practice makes perfect? *Nature Neuroscience*, 7(1), 10–11. <https://doi.org/10.1038/nn0104-10>
- Kalliopuska, M., & Ruokonen, I. (1993). A Study with a Follow-up of the Effects of Music Education on Holistic Development of Empathy. *Perceptual and Motor Skills*, 76(1), 131–137. <https://doi.org/10.2466/pms.1993.76.1.131>
- Kalmár, M., & Balaskó, G. (1987). 'Musical Mother Tongue' and Creativity in Preschool Children's Melody Improvisations. *Bulletin of the Council for Research in Music Education*, 91(Eleventh International Seminar on Research in Music Education), 77–86. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/40318066>
- Kaviani, H., Mirbaha, H., Pournaseh, M., & Sagan, O. (2014). Can music lessons increase the performance of preschool children in IQ tests? *Cognitive Processing*, 15(1), 77–84. <https://doi.org/10.1007/s10339-013-0574-0>
- Keller, P. E., & Rieger, M. (2009). Special Issue - Musical Movement and Synchronization. *Music Perception: An Interdisciplinary Journal*, 26, 397–400.
- Kempert, S., Götz, R., Blatter, K., Tibken, C., Artelt, C., Schneider, W., & Stanat, P. (2016). Training early literacy related skills: To which degree does a musical training contribute to phonological awareness development? *Frontiers in Psychology*, 7:1803. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.01803>
- Kenney, S. H. (1997). Music in the developmentally appropriate integrated curriculum. In C. H. Hart, D. C. Burts, & R. Charlesworth (Eds.), *Integrated curriculum and developmentally appropriate practice: Birth to age eight* (pp. 103–144). Albany: State University of New York Press.
- Kertész, C., F. Földi, R., & Honbolygó, F. (2020). A ritmikai szinkronizáció kapcsolata a fonológiai tudatossággal és az olvasással iskolakezdő gyerekeknél. *Magyar Pszichológiai Szemle*, 75.3(26), 455–476. <https://doi.org/10.1556/0016.2020.00026>
- Kim, J. (2000). Children's pitch matching, vocal range, and developmentally appropriate practice. *Journal of Research in Childhood Education*, 14(2), 152–160. <https://doi.org/10.1080/02568540009594760>
- Kirschner, S., & Tomasello, M. (2009). Joint drumming: Social context facilitates synchronization in preschool children. *Journal of Experimental Child Psychology*, 102(3), 299–314. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2008.07.005>
- Koutsoupidou, T., & Hargreaves, D. J. (2009). An experimental study of the effects of improvisation on the development of children's creative thinking in music. *Psychology of Music*, 37(3), 251–278. <https://doi.org/10.1177/0305735608097246>
- Kraus, N., & Chandrasekaran, B. (2010). Music training for the development of auditory skills. *Nature Reviews Neuroscience*, 11(8), 599–605. <https://doi.org/10.1038/nrn2882>
- Lamb, S. J., & Gregory, A. H. (1993). The Relationship between Music and Reading in Beginning Readers. *Educational Psychology*, 13(1), 19–27. <https://doi.org/10.1080/0144341930130103>
- Large, E. W., & Jones, M. R. (1999). The dynamics of attending: How people track time-varying events. *Psychological Review*, 106(1), 119–159. <https://doi.org/10.1037//0033-295x.106.1.119>
- Leman, M., Nijs, L., Maes, P.-J., & Van Dyck, E. (2017). What is Embodied Music Cognition? In R. Bader (Ed.), *Springer Handbook of Systematic Musicology* (pp. 507–521). Springer-Verlag Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-55004-5>
- Linnavalli, T., Putkinen, V., Lipsanen, J., Huotilainen, M., & Tervaniemi, M. (2018). Music playschool enhances children's linguistic skills. *Scientific Reports*, 8(1), 1–10. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-27126-5>
- Lukács, B., & Honbolygó, F. (2019). Task-Dependent Mechanisms in the Perception of Music and Speech: Domain-Specific Transfer Effects of Elementary School Music Education. *Journal of Research in Music Education*, 67(2), 153–170. <https://doi.org/10.1177/0022429419836422>
- Maes, P. J., Leman, M., Palmer, C., & Wanderley, M. M. (2014). Action-based effects on music perception. *Frontiers in Psychology*, 4:1008. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.01008>

- Maróti, E., Barabás, E., Deszpot, G., Farnadi, T., Nemes, L. N., Szirányi, B., & Honbolygó, F. (2019). Does moving to the music make you smarter? The relation of sensorimotor entrainment to cognitive, linguistic, musical, and social skills. *Psychology of Music*, 47(5), 663–679. <https://doi.org/10.1177/0305735618778765>
- McAuley, J. D., Jones, M. R., Holub, S., Johnston, H. M., & Miller, N. S. (2006). The time of our lives: Life span development of timing and event tracking. *Journal of Experimental Psychology: General*, 135(3), 348–367. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.135.3.348>
- Mehr, S. A., Schachner, A., Katz, R. C., & Spelke, E. S. (2013). Two randomized trials provide no consistent evidence for nonmusical cognitive benefits of brief preschool music enrichment. *PLoS ONE*, 8(12), 1–12. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0082007>
- Melby-Lervåg, M., Lyster, S. A. H., & Hulme, C. (2012). Phonological skills and their role in learning to read: A meta-analytic review. *Psychological Bulletin*, 138(2), 322–352. <https://doi.org/10.1037/a0026744>
- Miendlarzewska, E. A., & Trost, W. J. (2014). How musical training affects cognitive development: Rhythm, reward and other modulating variables. *Frontiers in Neuroscience*, 7:279. <https://doi.org/10.3389/fnins.2014.00279>
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., & Wager, T. D. (2000). The Unity and Diversity of Executive Functions and Their Contributions to Complex “Frontal Lobe” Tasks: A Latent Variable Analysis. *Cognitive Psychology*, 41(1), 49–100. <https://doi.org/10.1006/cogp.1999.0734>
- Miyamoto, K. A. (2007). Musical Characteristics of Preschool-Age Students: A Review of Literature. *Update: Applications of Research in Music Education*, 26(1), 26–40. <https://doi.org/10.1177/87551233070260010104>
- Moreno, S., & Besson, M. (2006). Musical training and language-related brain electrical activity in children. *Psychophysiology*, 43(3), 287–291. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2006.00401.x>
- Moreno, S., Bialystok, E., Barac, R., Schellenberg, E. G., Cepeda, N. J., & Chau, T. (2011). Short-Term Music Training Enhances Verbal Intelligence and Executive Function. *Psychological Science*, 22(11), 1425–1433. <https://doi.org/10.1177/0956797611416999>
- Moreno, S., & Bidelman, G. M. (2014). Examining neural plasticity and cognitive benefit through the unique lens of musical training. *Hearing Research*, 308, 84–97. <https://doi.org/10.1016/j.heares.2013.09.012>
- Moreno, S., & Farzan, F. (2015). Music training and inhibitory control: A multidimensional model. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1337, 147–152. <https://doi.org/10.1111/nyas.12674>
- Moreno, S., Marques, C., Santos, A., Santos, M., Castro, S. L., & Besson, M. (2009). Musical training influences linguistic abilities in 8-year-old children: More evidence for brain plasticity. *Cerebral Cortex*, 19(3), 712–723. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhn120>
- Moreno, S., Marques, C., Santos, A., Santos, M., Castro, S. L., Marques, C., ... Besson, M. (2009). Musical Training Influences Linguistic Abilities in 8-Year-Old Children: More Evidence for Brain Plasticity. *Cerebral Cortex*, 19(3), 712–723. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhn120>
- Moritz, C., Yampolsky, S., Papadelis, G., Thomson, J., & Wolf, M. (2013). Links between early rhythm skills, musical training, and phonological awareness. *Reading and Writing*, 26(5), 739–769. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Ozernov-Palchik, O., Wolf, M., & Patel, A. D. (2018). Relationships between early literacy and nonlinguistic rhythmic processes in kindergarteners. *Journal of Experimental Child Psychology*, 167, 354–368. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2017.11.009>
- Pantev, C., Oostenveld, R., Engelien, A., Ross, B., Roberts, L. E., & Hoke, M. (1998). Increased auditory cortical representation in musicians. *Nature*, 392(6678), 811–814. <https://doi.org/10.1038/33918>
- Pantev, C., Roberts, L. E., Schulz, M., Engelien, A., & Ross, B. (2001). Timbre-specific enhancement of auditory cortical representations in musicians. *Neuroreport*, 12(1), 1–6. <https://doi.org/10.1097/00001756-200101220-00041>
- Patel, A. D. (2006). Musical rhythm, linguistic rhythm, and human evolution. *Music Perception*, 24(1), 99–103. <https://doi.org/10.1525/Mp.2006.24.1.99>
- Patel, A. D. (2008). *Music, language, and the brain*. Oxford, UK: University Press.
- Peretz, I., & Coltheart, M. (2003). Modularity of music processing. *Nature Neuroscience*, 6(7), 688–691. <https://doi.org/10.1038/nn1083>
- Phillips-Silver, J., & Trainor, L. J. (2005). Feeling the Beat: Movement Influences Infant Rhythm Perception.

- Science*, 308(5727), 1430–1430. <https://doi.org/10.1126/science.1110922>
- Phillips-Silver, J., & Trainor, L. J. (2007). Hearing what the body feels: Auditory encoding of rhythmic movement. *Cognition*, 105(3), 533–546. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2006.11.006>
- Portowitz, A., Lichtenstein, O., Egorova, L., & Brand, E. (2009). Underlying mechanisms linking music education and cognitive modifiability. *Research Studies in Music Education*, 31(2), 107–128. <https://doi.org/10.1177/1321103X09344378>
- Provasi, J., Anderson, D. I., & Barbu-Roth, M. (2014). Rhythm perception, production, and synchronization during the perinatal period. *Frontiers in Psychology*, 5:1048. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.01048>
- Provasi, J., & Bobin-Bègue, A. (2003). Spontaneous motor tempo and rhythmical synchronisation in 2 1/2- and 4-year-old children. *International Journal of Behavioral Development*, 27(3), 220–231. <https://doi.org/10.1080/01650250244000290>
- Putkinen, V., Tervaniemi, M., Saarikivi, K., Vent, N. De, & Huotilainen, M. (2014). Investigating the effects of musical training on functional brain development with a novel Melodic MMN paradigm. *Neurobiology of Learning and Memory*, 110, 8–15. <https://doi.org/10.1016/j.nlm.2014.01.007>
- Rabinowitch, T. C., Cross, I., & Burnard, P. (2013). Long-term musical group interaction has a positive influence on empathy in children. *Psychology of Music*, 41(4), 484–498. <https://doi.org/10.1177/0305735612440609>
- Rauscher, F. H., Shaw, G. L., Levine, L. J., Wright, E. L., Dennis, W. R., & Newcomb, R. L. (1997). Music training causes long-term enhancement of preschool children's spatial-temporal reasoning. *Neurological Research*, 19(1), 2–8. <https://doi.org/9090630>
- Rautenberg, I. (2015). The effects of musical training on the decoding skills of German-speaking primary school children. *Journal of Research in Reading*, 38(1), 1–17. <https://doi.org/10.1111/jrir.12010>
- Repp, B. H. (2005). Sensorimotor synchronization: a review of the tapping literature. *Psychonomic Bulletin & Review*, 12(6), 969–992. <https://doi.org/10.3758/BF03206433>
- Roden, I., Kreutz, G., & Bongard, S. (2012). Effects of a school-based instrumental music program on verbal and visual memory in primary school children: A longitudinal study. *Frontiers in Psychology*, 3:572. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2012.00572>
- Rohwer, D. (1998). Effect of Movement Instruction on Steady Beat Perception, Synchronization, and Performance. *Journal of Research in Music Education*, 46(3), 414–424. <https://doi.org/10.2307/3345553>
- Sala, G., & Gobet, F. (2017). When the music's over. Does music skill transfer to children's and young adolescents' cognitive and academic skills? A meta-analysis. *Educational Research Review*, 20, 55–67. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2016.11.005>
- Schellenberg, E. G. (2004). Music lessons enhance IQ. *Psychological Science*, 15(8), 511–514. <https://doi.org/10.1111/j.0956-7976.2004.00711.x>
- Schellenberg, E. G. (2006). Long-term positive associations between music lessons and IQ. *Journal of Educational Psychology*, 98(2), 457–468. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.98.2.457>
- Schellenberg, E. G. (2011). Examining the association between music lessons and intelligence. *British Journal of Psychology*, 102(3), 283–302. <https://doi.org/10.1111/j.2044-8295.2010.02000.x>
- Schellenberg, E. G., Corrigall, K. A., Dys, S. P., & Malti, T. (2015). Group music training and children's prosocial skills. *PLoS ONE*, 10(10), 1–14. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0141449>
- Schlaug, G., Norton, A., Overy, K., & Winner, E. (2005). Effects of music training on the child's brain and cognitive development. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1060, 219–230. <https://doi.org/10.1196/annals.1360.015>
- Shahin, A., Roberts, L. E., & Trainor, L. J. (2004). Enhancement of auditory cortical development by musical experience in children. *Neuroreport*, 15(12), 1917–1921. <https://doi.org/10.1097/00001756-200408260-00017>
- Shiobara, M. (1994). Music and Movement: The Effect of Movement on Musical Comprehension. *British Journal of Music Education*, 11(2), 113–127. <https://doi.org/10.1017/S0265051700001005>
- Stewart, L., Henson, R., Kampe, K., Walsh, V., Turner, R., & Frith, U. (2003). Brain changes after learning to read and play music. *NeuroImage*, 20(1), 71–83. [https://doi.org/10.1016/S1053-8119\(03\)00248-9](https://doi.org/10.1016/S1053-8119(03)00248-9)
- Tierney, A. T., & Kraus, N. (2013). The ability to tap to a beat relates to cognitive, linguistic, and perceptual

- skills. *Brain and Language*, 124(3), 225–231. <https://doi.org/10.1016/j.bandl.2012.12.014>
- Tierney, A. T., & Kraus, N. (2014). Auditory-motor entrainment and phonological skills: precise auditory timing hypothesis (PATH). *Frontiers in Human Neuroscience*, 8(949). <https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00949>
- Todd, N. P. M. (1999). Motion in Music: A Neurobiological Perspective. *Music Perception: An Interdisciplinary Journal*, 17(1), 115–126. <https://doi.org/10.2307/40285814>
- Trainor, L. J., Shahin, A., & Roberts, L. E. (2003). Effects of Musical Training on the Auditory Cortex in Children. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 999, 506–513. <https://doi.org/10.1196/annals.1284.061>
- Trehub, S. E., & Hannon, E. E. (2006). Infant music perception: Domain-general or domain-specific mechanisms? *Cognition*, 100, 73–99. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2005.11.006>
- van der Fels, I. M. J., te Wierike, S. C. M., Hartman, E., Elferink-Gemser, M. T., Smith, J., & Visscher, C. (2015). The relationship between motor skills and cognitive skills in 4-16 year old typically developing children: A systematic review. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 18(6), 697–703. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2014.09.007>
- Wilson, M. (2002). Six views of embodied cognition. *Psychometric Bulletin & Review*, 9(4), 625–636. <https://doi.org/10.3758/bf03196322>
- Wolff, K. I. (1978). The Nonmusical Outcomes of Music Education: A Review of the Literature. *Bulletin of the Council for Research in Music Education*, 55, 1–27. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/40311603>
- Yazejian, N., & Peisner-Feinberg, E. S. (2009). Effects of a Preschool Music and Movement Curriculum on Children's Language Skills. *NHSA Dialog*, 12(4), 327–341. <https://doi.org/10.1080/15240750903075255>
- Zachopoulou, E., Derri, V., Chatzopoulos, D., & Ellinoudis, T. (2003). Application of Orff and Dalcroze activities in preschool children : Do They Affect the Level of Rhythmic Ability? *Physical Educator*, 60(2), 50–56. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/216544545_Application_of_Orff_and_Dalcroze_Activities_in_Preschool_Children_Do_They_Affect_the_Level_of_Rhythmic_Ability

Asztalos Kata*: A zenei észlelési és reprodukciós képességek fejlődésének összehasonlító vizsgálata

**Liszt Ferenc Zeneművészeti Egyetem Kodály Intézet*

Bevezetés

Az általános iskola alsó tagozata fontos mérföldkő a gyermekek életében, hiszen számos képesség fejlődése ekkor a legdinamikusabb. A rendszeres és tudatos mérés-értékelés hozzájárul ahhoz, hogy egyéni és csoportszinten követhetők legyenek a teljesítmények, és a pedagógusok visszajelzést kapjanak a befektetett munka sikerességéről. A rendszerszintű mérések az elmúlt évtizedek során hazánkban is általánossá váltak. Ebben az életkorban a DIFER és a Kompetencia mérés tesztjei segítik a visszacsatolást és a fejlesztő munka hatékonyabbá tételét. Annak ellenére, hogy a zene sokrétű jótékony hatása bizonyított, máig igen kevés hazai adattal rendelkezünk a zenei képességek fejlődéséről. S bár a zenei érzék bizonyos mértékben minden életkorban fejleszthető, szenzitív szakasza főként az első 10-12 életévre tehető. Ekkor kisebb, tudatos pedagógiai beavatkozás is jelentős, hosszútávú pozitív eredményekkel járhat.

Az iskolakezdés önmagában is jótékony hatást gyakorol a zenei fejlődésre (Hargreaves, 1986/2001), ekkorra alakul ki a szelektív és irányított hallás, nő a figyelem időtartama (Sims, 2005; Werner, 2007), pontosabbá válik a zenei jelenségek megfigyelése is. Az általános iskola kezdő szakaszában jelentősen fejlődik a tonalitásérzék, azaz a hangnem és az alaphang érzetének képessége, valamint a hangmagasságok közötti különbségek észlelése (Kenney, 1997, idézi Gooding és Standley, 2011). Rohamos fejlődésnek indul a motoros kontroll, amely a hangszertanulás alapja és az intonációérzék, amely alapvető feltétele a vokális fejlődésnek (Kim, 2000). Miyamoto kutatása alapján a gyermekek öt éves koruk körül válnak képessé a vizuális és auditív jelek egymásnak való megfeleltetésére (2007), így az iskolába lépéskor a zenei írás-olvasás kognitív előfeltételei már adottak. Az alapvető metrikai jellemzők megértése Hargreaves (1986/2001) szerint hét éves korra tehető, s ekkor a gyermekek már arra is képesek, hogy zenei motívumokat egységbe szervezzenek, a motoros képességek fejlesztése azonban további időt igényel.

A zenei képességek nagy része (pl. ritmikai és dallami képességek) zenei képzés nélkül 7-8 éves kort követően csupán kis mértékben változhatnak. Az alapképességek fejlődése függ a zenei jelenség összetettségétől is, hiszen a harmóniaérzék és a többszólamú hallás 10-11 éves korban szilárdul meg. A magasabb rendű, mentális érettséget feltételező képességek, mint a zenei kreativitás vagy előadói kifejezőképesség, a serdülőkor elején mutatnak jelentősebb fejlődést (Gembris, 2006; Reifinger, 2006, idézi Gooding és Standly, 2011).

A gyermek zenei képességeinek szempontjából fontos szereppel bírnak a genetikailag meghatározott adottságok (Czeizel, 1997), valamint a környezeti hatások. A fejlődés szempontjából két jelentős hatást különíthetünk el, az enkulturációt és az oktatást. Míg az enkulturáció során spontán fejlődés figyelhető meg, addig az oktatás elsősorban tudatos, direkt fejlesztésre épül. Bár a zenei nevelés és az alkalmazott módszerek hatását vizsgáló kutatások terén rendelkezünk jelentős magyar előzményekkel (Barkóczi & Pléh, 1977; Erősné, 1993; Janurik, 2008; Turmezeyné, 2009), a

terület komplexitásából adódóan szükséges az alaposabb feltárás, monitorozás, az újabb fejlesztési koncepciók hatásvizsgálata. Az empirikus kutatások keretében nyert adatok hozzájárulnak a gyermekek zenei teljesítményének és fejlődésének pontosabb megismeréséhez, hatékonyan visszaforgathatók a pedagógiai gyakorlatba, és támogatják az innovatív módszertani elképzelések széleskörű disszeminációját.

Kutatócsoportunk munkájának zenei képességeket vizsgáló részében arra törekedtünk, hogy az aktív zenetanulás módszertanának hatásairól megbízható, objektív adatokat gyűjtsünk, és elemzésünkkel pontosabb képet alkothassunk a pedagógiai folyamatok eredményességéről.

A zenei képességmérés gyakorlata

A zenei képességek empirikus vizsgálatának igénye viszonylag korán, az első intelligencia tesztek követően, a 20. század elején mutatkozott meg. Az első, többfaktoros mérési modell kidolgozója Carl Seashore (1919), akinek tesztsorozata máig meghatározó kiindulási pont a kutatók számára. Ez tekinthető az első, standardizált zenei képességmérő eszköznek. A modell alapvetése, hogy a muzikalitást több, egymástól független zenei képesség határozza meg, amelyet a szerző öt fő kategóriába sorol: (1) zenei érzékelés és érzékenység, (2) zenei tevékenység, (3) zenei emlékezet és képzelőerő, (4) zenei értelem, (5) zenei érzelem. A hazai empirikus zenei vizsgálatok első meghatározó alakja Révész Géza volt, munkája máig nemzetközi szinten ismert. Ellentétben Seashore-ral, a muzikalitást olyan általános képességnek tekintette, amely további faktorokra nem bontható. Tesztje nyolc feladatból állt, amelyben jelentős hangsúlyt kapott a zenei előképzettség és a reprodukció (Révész, 1945, idézi Laczó, 2000). A 20. század közepén számos bírálat érte az általános faktorra épülő modelleket, s megfigyelhető, hogy a hazai és nemzetközi kutatásokban is a többfaktoros keretrendszerek nyertek tért. A két, látszólag ellentétes irányzat között Edwin Gordon elmélete jelent áthidalást, aki bár 20 komponensre bontja az általános zenei képességet, amelyek közül hetet zenei tesztjei feladataiként is alkalmaz (hang-, harmónia-, tempó-, metrumelképzelés és esztétikai ítéletalkotás frazeálásról, zárlatokról és tempóról), mégis egy olyan fogalmat állít elmélete középpontjába, amely önmagában is jól jellemzi az általános muzikalitást. Ez az „audiation”, amit magyarra, „hallóképességként” (Dombiné, 1992) „zenei értelmező képességként” (Gombás & Stachó, 2004) vagy „audiációként” (Turmezeyné, Máth, & Balogh, 2005; Dohány, 2010; Janurik, 2010) fordíthatunk. Lényege a zenei folyamat megértése, értelmezése a tanult tudáselemekről, ismeretektől függetlenül (Gordon, 1989). Edwin Gordon munkássága abból a szempontból is meghatározó, hogy az elsők között vizsgálta a zenei fejlődés gyermekkori jellemzőit, tesztjei hároméves kortól alkalmazhatók. Hangsúlyozta a zene teljes személyiségre gyakorolt hatását: „A zenén keresztül a gyermek nem csupán saját magát ismeri meg jobban, hanem környezetét is és magát az életet. De, ami talán a legfontosabb mind közül, képes lesz fejleszteni és megtartani képzelőerejét” (Gordon, 1990, 2–3.o. saját fordítás).

Nemzetközi szinten is az első longitudinális zenei képességvizsgálatok közé tartozik Barkóczi Ilona és Pléh Csaba 1969 és 1973 között végzett kutatása, amely során Kodály Zoltán zenei nevelési elveinek pszichológiai hatásvizsgálatát végezték zenei és nem zenei osztályokban. A kutatás jelentős eredménye, hogy felhívta a figyelmet a zenei nevelés jótékony, felzárkóztató hatására a kedvezőtlen szocio-ökonómiai háttérű gyermekek esetében (Barkóczi & Pléh, 1977). Máig meghatározó Nagy

József, Erős Istvánné, Fodor Katalin és Pethő István munkája, akik a zenei alapképességek feltárását és vizsgálatát tűzték ki célul. Két dimenziós keretrendszerükben a zenei tartalmak és tevékenységek mentén rendszerezik az alapképességeket. A zenei tartalmakhoz a melódia, harmónia, ritmus, hangszín és a dinamika tartozik, míg a tevékenységekhez a hallást (mint észlelési folyamatot), közlést, olvasást és írást sorolják. A modell elméleti keretet nyújtott ahhoz az 1980-ban végzett keresztmetszeti vizsgálathoz, amelyben 840 alany vett részt, 3-tól 23 éves korig (Erősné, 1993).

A 2000-es években két jelentős kutatás zajlott Magyarországon, amelyek saját fejlesztésű zenei képességmérő tesztekkel vizsgálták a gyermekek teljesítményét. Turmezeyné Heller Erika 7-10 éves korosztályra kidolgozott mérésének alapját összetett modell biztosítja, amely négy szinten rendszerezi a zenei tudást: (0.) ismeret, (1.) hétköznapi zenei tapasztalatok, (2.) hangzás átalakítása jellé, jel átalakítása hangzássá, (3.) éneklés átalakítása jellé, jel alapján éneklés (Turmezeyné, 2010). Gévainé Janurik Márta 2009 és 2010 között folytatott keresztmetszeti vizsgálataiban 657 gyermek vett részt a 4-8 éves korosztályból, így hazánkban elsőként emelte be a vizsgálatokba az óvodás korosztályt. Mérőeszköze lehetőséget biztosított az életkori jellemzők meghatározásához, transzfervizsgálathoz és fejlesztő kísérlet nyomon követéséhez is (Janurik & Józsa, 2013). Kiinduló pontként alkalmazta a zenei alapképességek modelljét (Erősné, 1993), de kiegészítette tempó- és hangköz-diszkriminációs feladatokkal. A teszt nem csupán észlelési képességeket mér, hanem ritmus-, hangköz- és dallamreprodukciós feladatokat is tartalmaz. A kutatás újszerűségét és jelentős értékét adja, hogy a zenei mérések mellett kiterjed a szociális és elemi alapképességek vizsgálatára, lehetőséget biztosítva így a korai transzferhatások feltárására is.

Az elmúlt évtized során a zenei képességmérésben új távlatokat nyitott az IKT-alapú mérőeszközök megjelenése. A számítógépek és böngészők alkalmazása mellett az egyéni igényekhez alkalmazkodó fülhallgatók is fontos szerepet kaptak a mérésekben, a kifejlesztett programok pedig megkönnyítik az adatgyűjtést és a feldolgozást is. Az első online tesztek között tartjuk számon a PROMS (Profile of Musical Perception Skills; Law & Zentner, 2012) mérőeszközt, amely zenész és nem-zenész felnőttek mérésére lett kidolgozva és teljes mértékben a hallás utáni diszkriminációra épül. 2013-ban zajlott az első hazai, alsó tagozatos gyermekeket mérő online zenei képességteszt felvétele, amely jelen kutatás zenei mérőeszközének közvetlen előzményeként tekinthető (Asztalos & Csapó, 2014). Szintén a felnőtt populációra fókuszál a Svéd Zenei Diszkriminációs Teszt (Swedish Musical Discrimination Test, továbbiakban SMDT; Ullén et al., 2014), amelynek beméréséhez közel 7000 fős mintát alkalmaztak, és három észlelési területet vizsgál: dallam-, ritmus- és hangmagasság-diszkriminációt. A gyermekkori online zenei tesztelésre csupán az elmúlt öt évből találunk nemzetközi példákat. Wieland és munkatársai 2015-ben játékos ritmus-diszkriminációs IKT-alapú feladatot alkalmaztak a dadogás és a ritmusészlelés összefüggéseinek vizsgálatára. Ozernov-Palchik és munkatársai (2017) a korai olvasási képességek és a nem nyelvi ritmikai feldolgozás összefüggésének vizsgálatában alkalmazták a saját fejlesztésű „Rhythm School” applikációt, amely dichotóm itemekkel vizsgálja a ritmussorok közötti eltérések észlelését. Az öttől kilenc éves korosztályt vizsgálja Steinbrink és munkatársainak online mérőeszköze (2019), amelyet az előzőekhez hasonlóan a korai olvasási képességekkel való zenei kapcsolat feltárására alkalmaztak. A tablet-alapú zenei feladatokhoz két korábbi, papír-ceruza tesztet vettek alapul, Jungbluth és Hafén tesztjét (Musikscreening für Kinder I; Jungbluth and Hafén, még nem publikált) és a széleskörben ismert MBEMA (Montreal Battery of Evaluation of Musical Abilities; Peretz et al.,

2013) mérőeszközt. Az így kapott teszt a temporális (ritmus, tempó észlelés) és spektrális (hangmagasság, dallamkontúr észlelés) zenei jellemzőkre épül, és egy ritmusreprodukciós feladattal egészül ki, amelyet szintén tablet segítségével vettek fel (a gyermeknek a képernyőn, egy nagy gombon kellett visszakopognia a hallott ritmussort), ám a teljesítményt független bírálók értékelték. Mindeddig nem ismerünk olyan kutatást, ahol a zenei reprodukciós teljesítmény kiértékelése is technológiai eszközökkel történt volna, ám feltételezzük, hogy a terület kutatásmódszertani fejlődése a következő években ebbe az irányba halad majd.

Kutatási kérdések

A jelen tanulmány célja az Aktív Zenetanulás kutatási projekt zenei mérőeszközeinek bemutatása és az általuk nyert adatok közzétevése. A zenei észlelés és reprodukciós teljesítményt három mérési pontban, négy általános iskolai osztályban rögzítettük. Főbb kérdéseink az alábbiak:

1. Megbízhatóan mérhető-e a zenei észlelés és zenei reprodukció teszt a vizsgált korosztály képességeit?
2. Hogyan fejlődött a zenei észlelés a vizsgált csoportokban? Milyen hatást gyakorolt a fejlesztés az elért eredményekre?
3. Hogyan fejlődött a zenei reprodukció a vizsgált csoportokban? Milyen hatást gyakorolt a fejlesztés az elért eredményekre?

Módszerek

Az Aktív Zenetanulás kutatás során arra törekedtünk, hogy a zenei képességekről és fejlődésükről minél pontosabb információkat gyűjtsünk. Elsődleges szempont volt az idő- és költséghatékonyság és a megbízhatóság. Két mérőeszközt alkalmaztunk, a zenei észlelés, valamint a zenei reprodukció vizsgálatára. A zenei észlelési képességek méréséhez az eDia online diagnosztikus rendszert használtuk (Csapó & Molnár, 2019), amely lehetőséget biztosít arra, hogy a diákok mérése csoportosan, egy időben, ám az egyéni igényeket figyelembe véve történjen. A zenei reprodukció adatfelvétele személyesen történt, a mérőbiztos előre rögzített zenei mintákat játszott le, amelyet a gyermekek visszhangoztak.

Résztevők

A kutatás folyamán négy osztály fejlődését vizsgáltuk. Két osztály emelt óraszámú tanuló az ének-zenét, közülük az 1. modell módszertanának meghatározó jellemzője az irányított mozgás alkalmazása, míg a 2. modell esetében az improvizált mozgás kapott fontosabb szerepet. További két osztály alapóraszámú tantervet követett, közülük az egyik az 1. modell módszertanát követte. Őket a továbbiakban AM rövidítéssel jelöljük (amely utal az alapóraszámra és a mozgásközpontú módszertanra). A másik osztály hagyományos módon tanult, rövidítésük a továbbiakban AH (alapóraszám, hagyományos módszertan). Bár törekedtünk arra, hogy a mérési pontokban minden tanuló zenei fejlődéséről gyűjtsünk adatot, a hiányzások és az iskolaelhagyás miatt a különböző mérések során enyhén eltérő a csoportok mintaelemszáma (1. táblázat).

1. táblázat. A vizsgálatok mintája

Osztályok	Mérések		
	1.	2.	3.
1. modell	32	29	28
2. modell	21	21	20
AM osztály	27	27	25
AH osztály	22	21	18
Σ	102	98	91

Az adatfelvétel módja

Az online zenei teszt adatfelvétele az iskolák saját számítógépes termeiben zajlott, fülhallgatók segítségével. A résztvevők anonimitását a Közoktatási Információs Rendszerből generált mérési azonosítókkal biztosítottuk. A csoportos, online tesztelés előnye, hogy a feladatok a gépekre telepített böngészőprogramokkal egyszerűen elérhetők, a fülhallgatóknak köszönhetően a hangerő egyénileg változtatható úgy, hogy a többi alanyt nem zavarja. Bár az adatfelvétel csoportosan történik, a gyerekek saját tempójukban haladhatnak. Az esetleges olvasási nehézségek kiküszöbölése érdekében az utasításokat narrátor olvassa fel. Mivel a tesztnek nem célja a diszciplináris ismeretek mérése, arra törekedtünk, hogy minél egyszerűbb, világosabb utasításokat fogalmazzunk meg, kerülve a szakszavakat és megelőzve a fogalmi hiányosságokból adódó problémákat. A biztos megértésért az instrukciók egy-egy feladattípus előtt többször is meghallgathatók. Az eredmények összehasonlíthatósága érdekében a gyermekek minden zenei itemet csak egyszer játszhattak le a tesztelés során.

A zenei reprodukció mérése során a gyermekek előre rögzített, rövid ritmus- és dallammintákat hallottak, amelyeket vissza kellett tapsolniuk, illetve énekelniük. A mérőbiztos minden zenei részletet csak egyszer játszott le, ám a feladatok a biztos megértés érdekében próba itemmel kezdődtek, amelyet többször is megismételhetett a tesztalany.

A kutatás zenei mérőeszközének tartalmi keretei

Az alkalmazott mérőeszközök olyan feladatokra épülnek, amelyek előzetes zenei képzettséget nem igényelnek. A keretrendszer kialakításakor a zenei észlelés neurokognitív modelljét (Peretz & Coltheart, 2003) és a zenei alapképességek modelljét (Erősné, 1993) egyaránt figyelembe vettük. Peretz és Coltheart alapján elkülönítjük az időbeli szerveződést és a hangmagasság szerveződését, míg Erősné modellje szerint megkülönböztetjük az észlelési és közlési tevékenységet. Az online mérés során hét észlelési területet vizsgáltunk, amelyek a következő zenei jelenségekhez kötődnek: (1) ritmus, (2) tempó, (3) hangmagasság, (4) harmónia, (5) dallam (6) ritmusminták auditív-vizuális kapcsolása, (7) dallamminták auditív-vizuális kapcsolása. A reprodukciós teszt ritmus- és dallamviszhangot tartalmazott. A tesztek összesen 110 itemből álltak.

2. táblázat. A zenei észlelést és reprodukciót vizsgáló mérőeszközök felépítése

Mérőeszköz	Időbeli szerveződés	Item	Hangmagasság szerinti szerveződés	Item	Σ
1. Észlelés	Ritmus	15	Hangmagasság	15	90
	Tempó	15	Harmónia	15	
			Dallam	15	
	Auditív-vizuális kapcsolat (ritmus)	5	Auditív-vizuális kapcsolat (dallam)	10	
2. Reprodukció	Ritmus	10	Dallam	10	20
Σ		45		65	110

A feladatok zárt típusúak, egyszerű választást igényelnek. Ez alól az auditív-vizuális kapcsolat képez kivételt, amely esetében a résztvevőknek három kép közül kell kiválasztaniuk azt, amelyik leginkább megfelel a hallott ritmussornak vagy dallamvonalnak. Az egyszerű választást igénylő, dichotóm itemek esetében a gyermekeknek arról kell döntést hozniuk, hogy az egymás után elhangzott zenei minták megegyeznek-e, vagy sem. A zenei minták közötti szünet terjedelme négy másodperc, ezt az echoikus memória átlagos időintervalluma indokolja (Crowder & Morton, 1969; Snyder, 2012). Az eDia rendszernek köszönhetően a teszten elért eredmények a megoldást követően azonnal hozzáférhetők. A reprodukciós feladatok esetében Steinbrink és munkatársainak (2019) koncepcióját követtük. A feladatokat két független, zeneileg magasan képzett bíráló értékelte 0-5 pontig terjedő skálán. Az egyes pontértékekhez részletes definíciót kapcsoltunk. A pontozás során az értékelők minden esetben először az eredeti ritmus- vagy dallamrészletet hallották, majd pedig az alany reprodukcióját. Az értékelést személyes konzultáció és felkészítés előzte meg, amely során az értékelők által adott pontszámokat összevetettük egy zenei szakértő pontozásával. A korrelációs érték a ritmusreprodukció esetében, $r=0,96$, $p<0,001$, a dallamreprodukció esetében, $r=0,97$, $p<0,001$, így az eredményeket megbízhatónak tekinthetjük. Az itemek zenei tartalma mind az észlelés, mind a reprodukciós mérőeszköz esetében kitalált, annak érdekében, hogy az előzetes ismeretek ne gyakoroljanak befolyásoló hatást az eredményekre. A zenei jellemzők (hangkészletek, ritmusminták, hangterjedelem...) összhangban állnak a korosztályra jellemző, kutatásokból ismert zenei képességszinttel.

Az online teszt feladatai

Ritmusészlelés

Az itemek ritmikai jellemzőik szerint két csoportba sorolhatók, az egyszerű ritmussorok csak negyedeket, nyolcadokat és negyed értékű szüneteket tartalmaznak, az összetett ritmussorokban szinkópa, nagy éles és nagy nyújtott ritmus, valamint tizenhatod és triola is előfordul. A ritmus-diszkrimináció itemei három- és négyütemesek.

Tempóészlelés

A tempóészlelés feladat itemeiben a résztvevők kétszer hallják egymás után ugyanazt a dallamot. A feladatuk megállapítani, hogy megegyezett-e a gyorsaságuk. A tempó értékek 80 és 130 bpm közöttiek, a legkisebb eltérés 10 bpm, míg a legnagyobb 30.

Hangmagasság-észlelés

Mivel a kutatások alapján a kisszekundnyi hangmagasság-eltérés észlelés 5-6 éves korra válik biztossá (Cohen, 1989, idézi Turmezeyné, 2010), a vizsgált korosztályban nem tartottuk szükségesnek ennél nagyobb hangmagasság-eltérések mérését. A feladatban így az eltérő itemek közötti különbség minden esetben kis szekund, viszont a megszólaló hangmagasság-párok szélesebb skálát mutatnak, kis G-től kétvonalas F-ig.

Harmóniaészlelés

A harmóniaészlelés feladatában az egyszerre megszólaló hangmagasságok közötti viszony észlelését vizsgáltuk. A 15 item dúr, moll és szűk hármashangzatok és fordításaik megkülönböztetésére épül, a két hangzat közötti változás történhet a szoprán, az alt vagy a tenor szólamban.

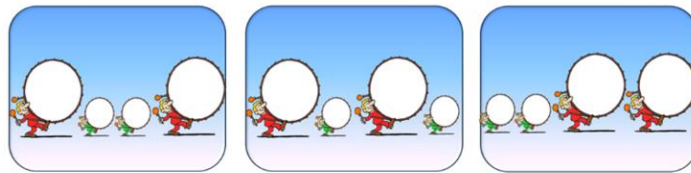
Dallamészlelés

A dallamészlelés itemei kettő és négy ütemes dallamminták, amelyek a megváltozott hang helye szerint három csoportba sorolhatók: első, utolsó hangon történő változás és belső motívumot érintő változás. Hangkészletük egyszerű, 4-9 hangig terjed, amely megfelel az vizsgált korosztály hangterjedelmének (kis A – egyvonalas A). Az itemek félhanglépést nem tartalmaznak, legkisebb hangközük nagy szekund, míg a legnagyobb nagy szext. Ritmikai kontextusuk egyszerű, csak negyed értékekből és páros nyolcadokból állnak. Ambitusuk tiszta kvint és oktáv közötti.

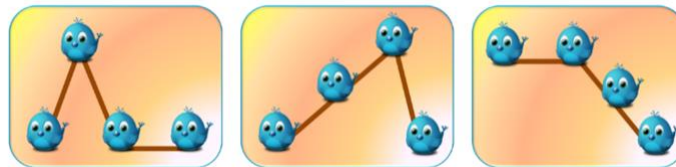
Auditív-vizuális kapcsolás, ritmus és dallamminták esetében

A feladattípus saját fejlesztésű, nem része a hagyományos zenei észlelés teszteknek. Az elmúlt években azonban több mérőeszközben is alkalmaztuk, így győződve meg a megbízhatóságáról (Asztalos & Csapó, 2014; Asztalos & Csapó, 2017). Arra törekedtünk, hogy mérhetővé tegyük a zenei írás-olvasás alapképességét, az akusztikus és a vizuális modalitás közötti megfeleltetést. A feladatot

játékos, szemléltetéssel kísért magyarázat vezet be, amely a könnyebb megértést szolgálja. A diákoknak sematikus kottaképek, rajzok közül kell kiválasztani azt az egyet, amely megfelel a hallott ritmussornak vagy dallamvonalnak. A ritmussorok egy és két ütemesek lehetnek, negyedeket és páros nyolcadokat tartalmaznak, a dallamminták pedig 3-5 hangból álló motívumok, amelyek ambitusa nagyterctől oktávig terjed. A feladat játékos, gyermekközpontú arculatot kapott, annak érdekében, hogy a kottaolvasáshoz kapcsolódó diszciplináris ismeretek befolyásoló hatását kiszűrhessek (1-2. ábra).



1. ábra Auditív-vizuális kapcsolat ritmikai kontextusban, a diákoknak a „tá titi tá” motívumnak megfelelő képet kell kiválasztaniuk



2. ábra Auditív-vizuális kapcsolat dallami kontextusban, a diákoknak a „dó mi szó dó” motívumnak megfelelő képet kell kiválasztaniuk

A zenei reprodukció feladatai

A ritmus- és dallamreprodukció feladatai 10-10 itemet tartalmaznak, amelyeket próbaitemek vezetnek be. A próbaitemnél az adatrögzítőnek lehetősége van instrukciókkal segíteni az alanyt, elmagyarázni a feladatot, többször kipróbálni a zenei minta visszhangozását. A további itemeket minden diák csak egyszer hallotta és hallás után kellett megismételnie tapsolva vagy énekelve.

Ritmusreprodukció

A ritmusreprodukció itemeit hosszúságuk szerint három csoportba sorolhatjuk, két ütemesek (4 db), három ütemesek (2 db) és négy ütemesek (4 db). Ritmikai kontextusuk alapján megkülönböztetünk egyszerű, azaz csak negyed és páros nyolcad ritmusértékeket tartalmazó mintákat (5 db), illetve összetett mintákat, amelyek tartalmaznak szinkópát, nagy nyújtott vagy nagy éles ritmust (5 db). A ritmussorok tempója kényelmes, 100bpm, amely megfelel a korosztály képességszintjének.

Dallamreprodukció

A dallamreprodukció mérése során négy kétütemes és hat háromütemes motívumot alkalmaztunk. Az itemek hangkészlete szó-mi bitontól dó-lá hexachordig terjed. A hangterjedelem a korosztály átlagos hangterjedelméhez alkalmazkodik, egyvonalas C-től kétvonalas C-ig. A legnagyobb hangközugrás tiszta kvint. A dallamminták többségében dúr jellegűek (7 db). A ritmus egyszerű, csak negyedeket és páros nyolcadokat tartalmaz. A dallamreprodukció értékelésekor arra kértük a bírálókat, hogy a pontszámok mellett hibakódokat is rögzítsenek, így rendelkezünk információkkal a jellegzetes éneklési, hangképzési hibákról, valamint azokról a kreatív gyermekekről is, akik bár nem az eredeti dallamot ismételték meg, de tonalításban maradván esztétikus teljesítményt nyújtottak egy-egy item esetében. Ezek az adatok egy későbbi tanulmány részét képezik majd.

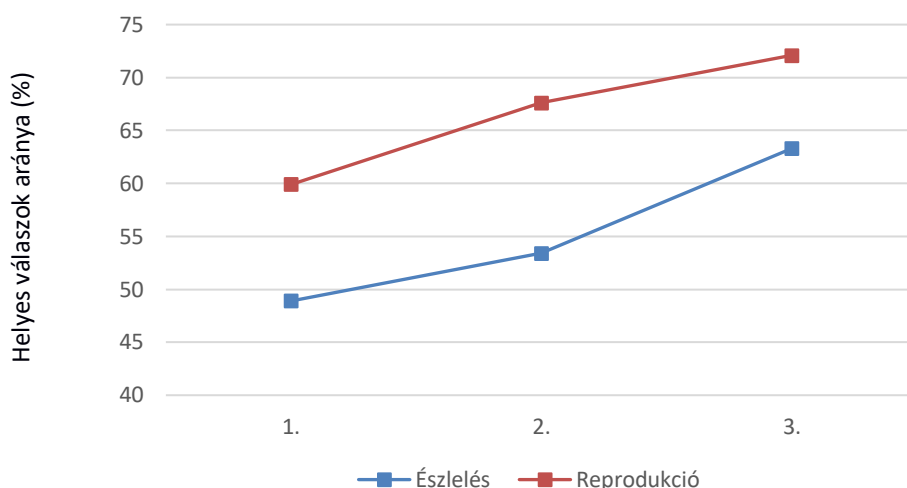
Eredmények

A mérőeszközök megbízhatósága

Az alkalmazott mérőeszközök reliabilitása megfelelő. A zenei észlelés teszt belső konzisztenciaértéke a három mérési pontban Cronbach $\alpha = 0,859$; $0,890$ és $0,872$. A reprodukciós teszten mért reliabilitás $0,890$; $0,864$ és $0,894$. A mérőeszközök validitását alátámasztják korrelációs együtthatók (3. táblázat), amelyek azt mutatják, hogy a két zenei terület gyenge közepes, majd közepesen erős kapcsolatban áll az idő előrehaladtával. Megfigyelhető, hogy a zenei észlelés és reprodukció teljesítménye közötti összefüggés a vizsgált időszak alatt egyre határozottabbá válik ($r_{1.mérés}=0,40$, $p<0,010$; $r_{2.mérés}=0,44$, $p<0,010$; $r_{3.mérés}=0,63$, $p<0,010$).

A zenei észlelési képesség fejlődése

A teljes mintát vizsgálva jól látszik, hogy mind az észlelés, mind a reprodukció fejlődést mutat az első iskolaév kezdetétől a második tanév végéig (3. ábra). Az egymást követő mérési pontok összehasonlításakor a teljesítményben tapasztalt eltérés minden esetben szignifikáns (észlelés: 1-2. mérés: $t=4,21$, $p<0,001$; 2-3. mérés: $t=6,92$, $p<0,001$; reprodukció 1-2. mérés: $t=9,75$, $p<0,001$; 2-3. mérés: $t=6,90$, $p<0,001$). Az észlelés fejlődése az első, a reprodukció fejlődése a második tanév során dinamikusabb. Míg az észlelési teljesítmény 14,4%-kal, addig a reprodukciós eredmények 12,2%-kal nőttek a vizsgált időintervallumban.



3. ábra A zenei észlelés és reprodukció fejlődése

A zenei észlelés teszt három mérési pontja közötti korrelációk közepesek ($r_{1-2}=0,62$; $r_{2-3}=0,66$; $r_{1-3}=0,56$; $p<0,01$), a reprodukciós teszt esetében pedig erősek ($r_{1-2}=0,83$; $r_{2-3}=0,82$; $r_{1-3}=0,85$; $p<0,01$). A reprodukciós teszt esetében tapasztalt erősebb összefüggés arra utal, hogy ezen a területen a tanulói válaszok kevésbé rendeződtek át az iskola első két tanéve során.

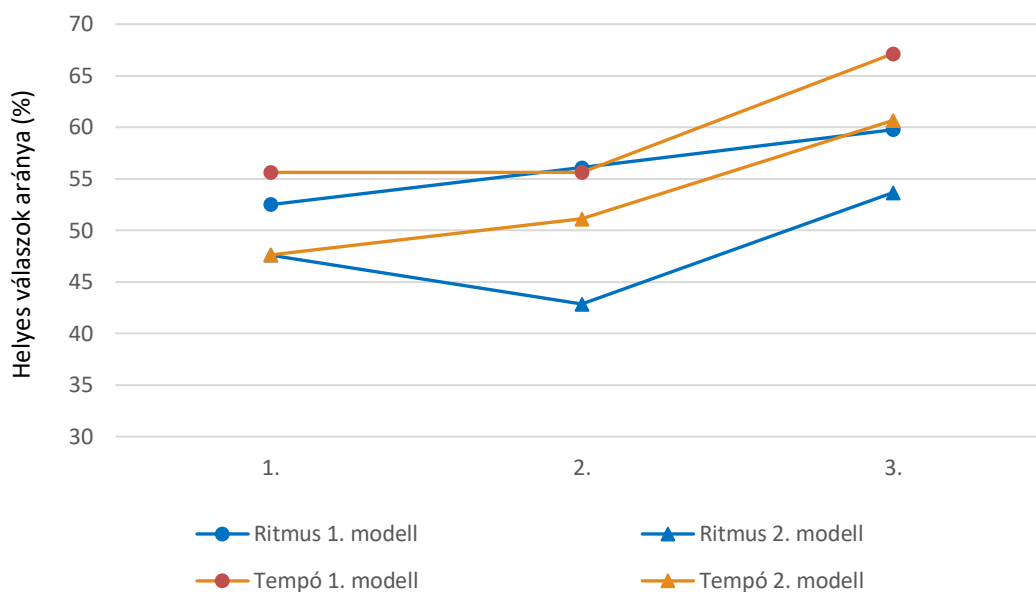
A fejlesztés hatása a zenei teszteken elért teljesítményre

A továbbiakban a fejlődést a kutatásba bevont csoportok összehasonlításával mutatjuk be. Az összehasonlítás alapját az iskolai osztályok jellegzetességei adják. A kutatási kérdésekhez kapcsolódó elemzéseket elsőként az emelt óraszámban ének-zenét tanuló osztályok kontextusában vizsgáljuk, akik az 1. és 2. modell szerinti módszertani fejlesztésben részesülnek. Ezt követően mutatjuk be az alapóraszámban ének-zenét tanuló, reális osztályok eredményeit, a két csoport közötti különbség a zenetanulás módjából adódik, amely az első csoportnál mozgásközpontú (az 1. modellnek felel meg, rövidítése AM, azaz alap óraszám, mozgásközpontú), a második csoport esetében pedig hagyományos (rövidítése AH, azaz alap óraszám, hagyományos).

Időbeli szerveződésen alapuló zenei észlelés fejlődése

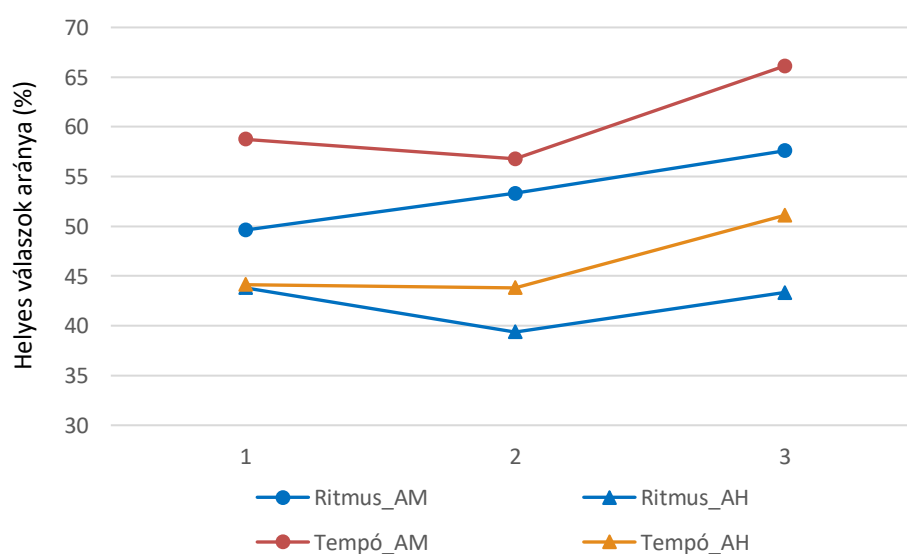
A zenei idő két fő komponense a ritmus és a tempó. Míg a ritmust a hangok egymáshoz viszonyított, relatív hosszúságával jellemezzük, addig a tempó a megszólaló hangok abszolút időtartamát jelenti.

Az emelt óraszámban ének-zenét tanuló osztályok esetében a ritmusészlelés és a tempóészlelés területén nem tapasztaltunk szignifikáns fejlődést. A 2. modell esetében az első és a második mérési pont közötti negatív eltérés (4,76%) sem szignifikáns mértékű. A csoportok teljesítménye két észlelési területen csak a második mérési pontban mutat eltérést ($t_{ritmus}=2,60$, $p<0,05$; $t_{tempó}=2,16$, $p<0,05$), amely a második tanév végére ismét kiegyenlítődik (4. ábra).



4. ábra A ritmus- és tempóészlelés fejlődése emelt ének-zene óraszámú csoportokban

Az alap óraszámú tanuló csoportoknál sem találtunk szignifikáns fejlődést a két mérési területen. Azonban érdemes kiemelni, hogy míg a két iskolai év alatt a kutatás 1. modelljének módszertani elemeit alkalmazó csoport ritmusészlelés teljesítménye 8%-kal nőtt, addig a hagyományos módszerekkel tanuló csoport eredménye mindössze 0,5%-kal változott negatív irányba. A tempóészlelés esetében a két csoport hasonló tendenciát mutat, 7,36-6,98%-os pozitív eltérés figyelhető meg az 1. és a 3. mérési pont között. A ritmusészlelés esetében a kiinduló mérés eredményei megegyeztek, a 2. és 3. mérés során azonban az AM csoport jobban teljesített (2. mérés: $t=3,02$, $p<0,005$; 3. mérés: $t=3,32$, $p<0,005$). Szintén jobban teljesített az 1. módszertani modell szerint tanuló csoport a tempóészlelés feladatában, azonban a két csoport közötti különbség mindösszesen 0,38%-kal változott az 1. és 3. mérés között (5. ábra).



5. ábra A ritmus- és tempóészlelés fejlődése alap ének-zene óraszámú csoportokban

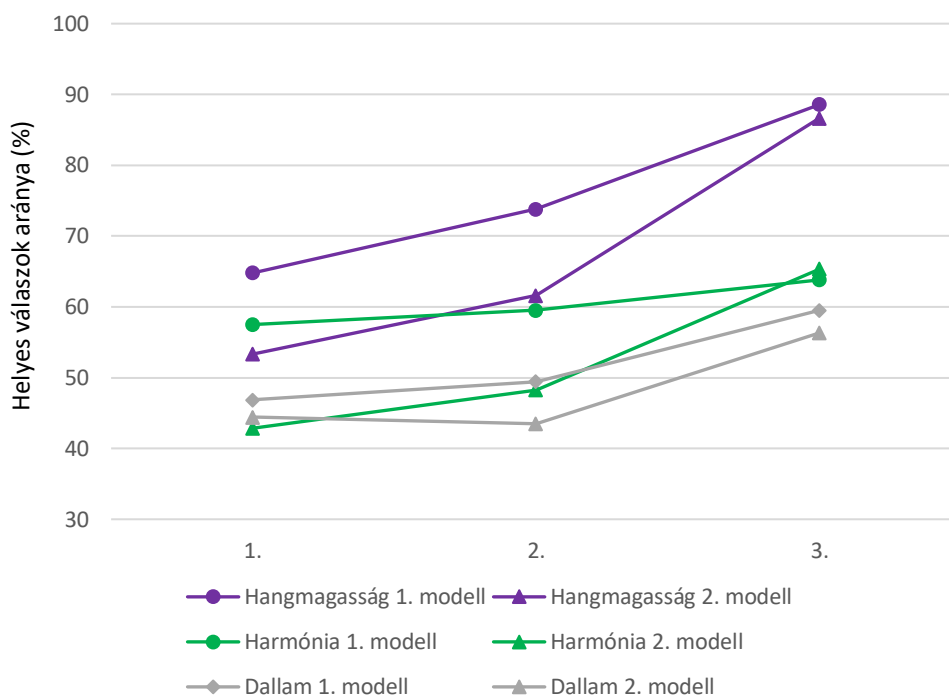
A hangmagasságon alapuló zenei észlelés fejlődése

A hangmagasság-alapú észlelési területhez sorolhatjuk az egyszerű hangmagasság-megkülönböztetést, az egymás után megszólaló akkordok diszkriminációját, azaz a harmóniaészlelést, valamint a dallami eltérések észlelését.

A 6. ábrán jól látszik, hogy a legsikeresebben mindkét csoport résztvevői a hangmagasság-észlelés feladatában teljesítettek, míg az 1. modellben tanuló gyermekek 23,78%-kal haladták meg a belépő teszten nyújtott teljesítményüket, a 2. modellben ez az eltérés 33,34% volt. A három mérési pont közül egyedül a második alkalommal találtunk szignifikáns eltérést a két csoport teljesítménye között ($t=2,03$, $p<0,05$). A Greenhouse-Geisser korrekcióval végzett összetartozó mintás varianciaanalízis alapján megállapítható, hogy mindkét csoportban szignifikáns fejlődés történt a hangmagasság-észlelés esetében (1. modell: $F(1,70, 42,54)=21,63$, $p<0,001$; 2. modell: $F(1,79, 32,15)=22,14$, $p<0,001$). Az 1. modell esetében szignifikáns volt a fejlődés az első két ($p<0,05$), valamint a második és harmadik mérési pont közt ($p<0,001$), a 2. modellben a második és harmadik mérés között ($p<0,001$).

Harmóniahallásból a 2. modell diákjai az első két mérési pontban alacsonyabb teljesítményt nyújtottak ($p<0,05$), majd a második év végére utolérték az 1. modell diákjait. A fejlődés csak az ő esetükben szignifikáns, az első és harmadik mérési pont között 22,47% ($F(1,90, 34,11)=10,02$, $p<0,001$), ami azzal is magyarázható, hogy az 1. modellben résztvevő gyermekek már az általános iskola kezdetén már igen magas szinten teljesítettek ebben a feladatban és csupán 6,31%-kal haladta meg a csoport átlagteljesítménye az első mérés eredményét a harmadik mérési pontban. Ebben a feladatban tehát a 2. modell hozzáadott értéke jelentős.

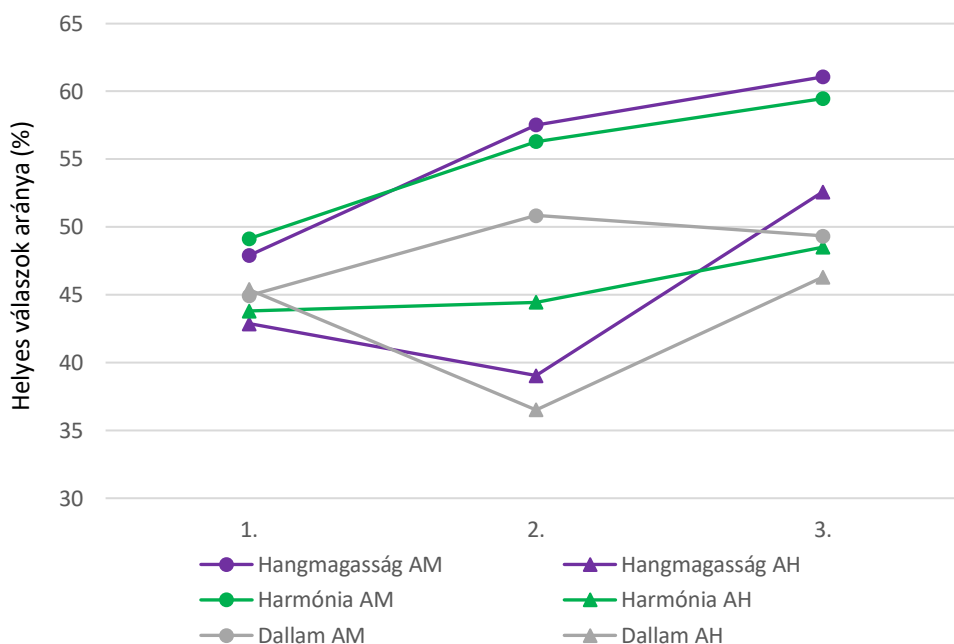
A dallamhallás feladata bizonyult mindkét csoport számára a legnehezebbnek. Itt egyik mérési pontban sem találtunk eltérést a részminták között, azonban alacsony szintű szignifikáns fejlődés figyelhető meg az 1. modell első és harmadik mérési pontban rögzített eredményei közt ($F(1,62, 40,37)=5,70$, $p<0,05$). Ez csupán minimális eltérés, hiszen a két szélső mérési pont közötti fejlődés mértéke az 1. modell esetében 12,64%, a 2. modellnél pedig 11,89%-os eltérés tapasztalható.



6. ábra A hangmagasság-alapú észlelési képességek fejlődése az ének-zene tagozatos csoportokban

Az ének-zenét alapóraszámában tanuló osztályok eredményei közül érdemes kiemelni, hogy mindkét osztályban együttjárást mutatnak a hangmagasság- és harmóniaészlelés eredményei, amely alól csak a hagyományos módszertannal tanuló kontrollcsoport második mérésakor rögzített eredménye képez kivételt (7. ábra). A kontrollcsoport mind a hangmagasság-észlelés, mind a dallamhallás esetében visszaesést mutat a második méréskor, ám ez a visszaesés az elvégzett páros t-próba alapján csak a dallamhallás esetében szignifikáns ($t=2,75$, $p<0,05$). A hangmagasság-észlelés esetében csak az AM csoport esetében találtunk szignifikáns különbséget az első és harmadik mérési pontban kapott adatok közt ($F(1,93, 46,26)=4,90$, $p<0,05$). Ugyanez a tendencia figyelhető meg a harmóniaészlelés esetében is, szintén az első és harmadik mérési pont között ($F(1,90, 45,48)=4,91$, $p<0,05$).

A két csoport eredményeinek összehasonlítására független t-próbát végeztünk. Azt tapasztaltuk, hogy eredményeik között az első mérési pontban nincs szignifikáns különbség. A második mérési pont esetében viszont minden feladatban eltérés tapasztalható (hangmagassághallás: $t=3,13$, $p<0,005$; harmóniahallás: $t=2,33$, $p<0,05$; dallamhallás: $t=3,57$, $p=0,001$). A harmadik mérési pontban csak a harmóniahallás esetében találtunk szignifikáns különbséget a két csoport teljesítménye között ($t=2,33$; $p<0,05$).



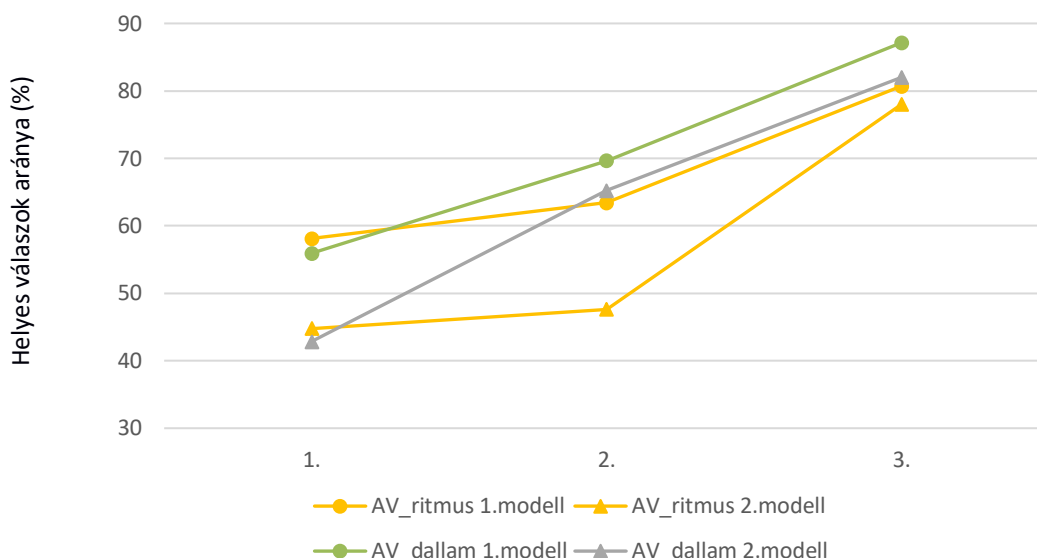
7. ábra A hangmagasság-alapú észlelési képességek fejlődése az alap óraszámú csoportokban

Az auditív-vizuális kapcsolás fejlődése ritmikai és dallami kontextusban

A feladatok célja a zenei írás-olvasás alapképességének, az auditív és vizuális modalitás kapcsolatának vizsgálata, olyan módon, hogy a megoldás ne igényeljen előzetes, speciális zenei ismereteket.

A varianciaanalízis alapján a ritmussorok auditív-vizuális kapcsolásában mindkét csoport fejlődött a vizsgált időszakban ($F_{1.modell}(1,92, 48,07)=5,80, p<0,01$; $F_{2.modell}(1,44, 25,98)=10,32, p=0,001$). Míg az 1. modell szerint tanuló diákok eredményei a 1. és 3. mérési pont között mutatnak szignifikáns eltérést ($p<0,005$), addig a 2. modell tanulóinál a 2. és 3. mérés között is találunk különbséget ($p<0,001$). Fontos kiemelni, hogy a független mintás t-próba alapján a két csoport között csak a második mérés alkalmával tapasztalható szignifikáns különbség ($t=2,21, p<0,05$).

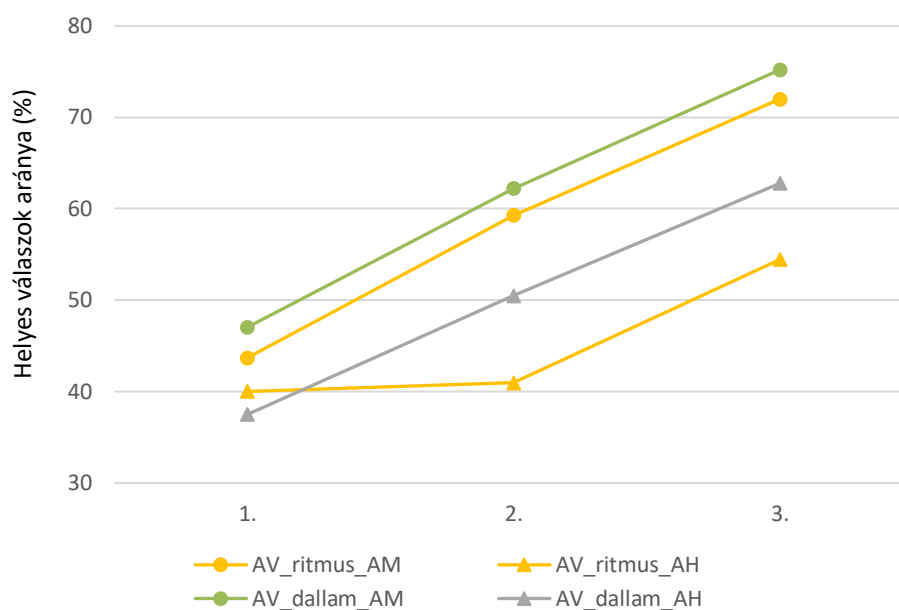
A dallamfeladatokban szintén fejlődés tapasztalható mindkét modell esetében ($F_{1.modell}(1,92, 47,89)=22,27, p<0,001$; $F_{2.modell}(1,66, 29,86)=21,77, p<0,001$). Az egymást követő mérési pontok összehasonlításakor is különbséget találtunk (1. modell, 1-2. mérési pont: $p<0,05$; 2-3. mérési pont: $p=0,001$; 2. modell, 1-2. mérési pont: $p<0,005$; 2-3. mérési pont: $p<0,05$). A ritmusfeladatokkal ellentétben itt egyik mérési pontban sem tért el szignifikánsan a csoportok teljesítménye (8. ábra).



8. ábra Az auditív-vizuális kapcsolás fejlődése az emelt órászámú csoportokban

A ritmusképletek auditív-vizuális kapcsolása csak a mozgásközpontú ének-zene órákon résztvevő diákok esetében fejlődött szignifikáns mértékben a vizsgált időintervallum során ($F_{AM}(1,79, 42,84)=13,58, p<0,001$; $F_{AH}(1,90, 28,52)=1,06, p=n.s.$). Viszont a 9. ábrán is megfigyelhető, hogy a dallamotívumok képeknek való megfeleltetése mindkét csoportban szinte lineárisan fejlődött ($F_{AM}(1,85, 44,50)=18,39, p<0,001$; $F_{AH}(1,68, 26,92)=7,62, p<0,005$). Az egymást követő mérési pontokat vizsgálva az AM és az AH csoport esetében is az 1. és 2. mérés között találtunk szignifikáns fejlődést (AM: $p=0,001$; AH: $p<0,05$).

Az elvégzett független t-próbák alapján az első méréskor nem találtunk szignifikáns különbséget a csoportok ritmusfeladatokon elért eredményei közt, a második és harmadik mérési pontban azonban már kimutatható a kísérleti csoport előnye (2. mérés: $t=2,05, p<0,05$; 3. mérés: $t=2,15, p<0,05$). A dallamotívumok auditív-vizuális kapcsolása esetében a kezdeti alacsony szintű eltérés a második és harmadik mérési pontban már nem volt szignifikáns, azaz a kontrollcsoport hátránya csökkent, és hasonló szinten teljesített, mint a fejlesztésben résztvevő osztály (1. mérés: $t=1,35, p<0,05$).



9. ábra Az auditív-vizuális kapcsolás fejlődése az alap órászámú csoportokban

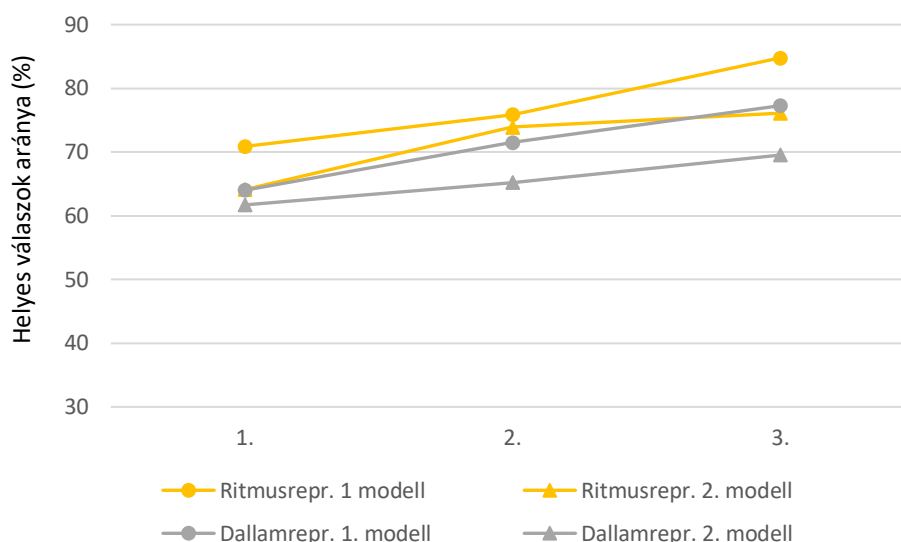
A reprodukciós képességek fejlődése

A ritmus- és dallamreprodukció feladataiban a gyermekek előre rögzített taps- és dallammintát visszhangoztak.

A reprodukciós tesztben mindkét csoport számára a ritmusvisszhang bizonyult könnyebbnek, kivételt képez ez alól az 1. modell 2. és a 2. modell 1. mérési pontja, ahol a két feladat eredménye között nem találtunk szignifikáns eltérést (10. ábra).

A ritmusreprodukció feladataiban mindkét csoport fejlődött az első két iskolai év folyamán ($F_{1.modell}(1,43, 37,04)=32,86, p<0,001$; $F_{2.modell}(1,60, 25,61)=9,23, p<0,005$). Az 1. modell esetében 13,91%-os, a 2. modell esetében 12%-os fejlődést tapasztaltunk. Az egymást követő mérési pontok szempontjából az 1. modellben résztvevő gyermekek a 2. és 3. mérés között mutattak jelentősebb, szignifikáns fejlődést ($p<0,001$), a 2. modellben tanulók pedig az 1. és 2. mérés közt ($p<0,05$). A két csoport ritmusreprodukciós teljesítménye az elvégzett független mintás t-próbák alapján az 1. és 3. mérési pontban különbözik (1. mérés: $t=2,10, p<0,05$; 3. mérés: $t=2,46, p<0,05$).

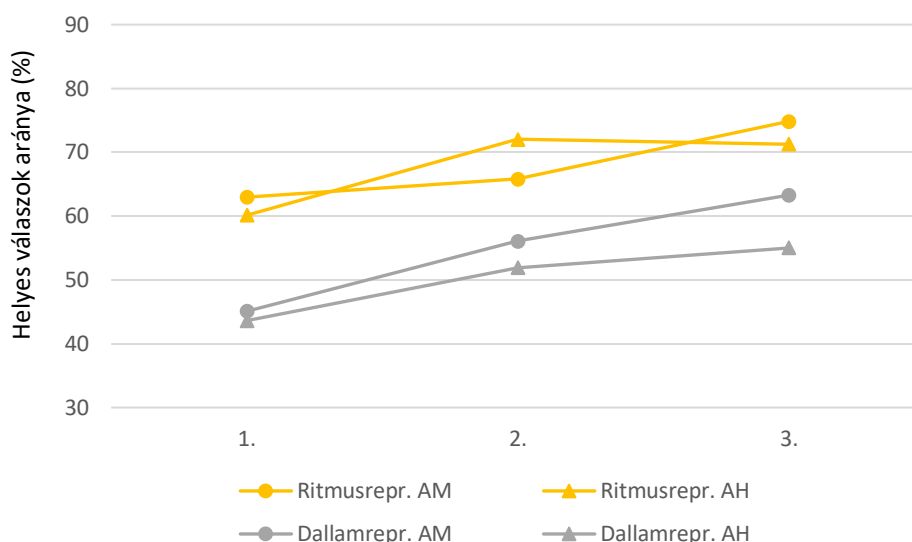
A dallamreprodukción elért teljesítmény szintén szignifikáns fejlődést mutat mindkét csoportnál ($F_{1.modell}(1,94, 56,38)=57,65, p<0,001$; $F_{2.modell}(1,86, 29,78)=11,97, p<0,001$). Az első és harmadik mérés között az 1. modell diákjainak eredménye 15,57%-kal, a 2. modell diákjainak 7,82%-kal nőtt. Az első mérés alkalmával nem találtunk szignifikáns eltérést a csoportok teljesítménye között, az 1. modell diákjai viszont jobban teljesítettek a későbbi mérések alkalmával (2. mérés: $t=2,09, p<0,05$; 3. mérés: $t=2,60, p<0,05$). Az utolsó mérésre az 1. modell osztályában jelentős szórásnövekedés figyelhető meg, tehát a teljesítményszint homogénebb lett.



10. ábra A reprodukciós képesség fejlődése emelt óraszámú csoportokban

Mindkét alap óraszámú ének-zenét tanuló csoportban a mérések teljes időtartama alatt a ritmusfeladatok bizonyultak szignifikánsan könnyebbnek a dallamvisszhanghoz képest (11. ábra). A ritmusvisszhang feladaton nyújtott teljesítmény mindkét osztályban fejlődött a mért időszakban ($F_{AM}(1,96, 41,15)=26,04, p<0,001$; $F_{AH}(1,68, 28,62)=13,79, p<0,001$). A két tanév alatt az AM csoport teljesítménye 11,88%-kal, az AH csoport 11,11%-kal nőtt. A mozgásközpontú módszertannal tanuló diákok az egymást követő mérési pontok közül a 2. és 3. mérés közt mutattak fejlődést ($p<0,001$), a hagyományos ének-zene órákon résztvevő osztály pedig az 1. és 2. mérés közt ($p<0,005$). A két csoport ritmusreprodukció-teljesítménye egyik mérési pontban sem mutat szignifikáns eltérést.

A csoportok dallamreprodukcióból is fejlődtek ($F_{AM}(1,94, 40,76)=39,39, p<0,001$; $F_{AH}(1,67, 26,71)=9,34, p=0,001$), az AM csoport teljesítménye 18,2%-kal, az AH csoporté 11,38%-kal nőtt. Az AM csoport az egymást követő mérési pontok közt minden esetben fejlődést mutat (1-2. mérés: $p<0,001$; 2-3. mérés: $p <0,005$), az AH csoportnál csak az 1. és 2. mérés közötti eltérés szignifikáns ($p<0,05$). A ritmusreprodukcióhoz hasonlóan, a dallamvisszhangok esetében sem találtunk szignifikáns különbséget a két csoport teljesítménye között a három mérési pontban.



11. ábra A reprodukciós képesség fejlődése alap óraszámú csoportokban

Megbeszélés

Kutatásunk zenei részének újszerűségét adja, hogy az online diagnosztikus észlelésvizsgálat mellett a zenei reprodukció két fő területét, a ritmus- és dallamviszhangot is vizsgáltuk. A mérések két iskolai tanévet ölelnek fel, az első mérésre iskolába lépéskor, a másodikra első osztály elején, a harmadikra második osztály végén került sor. Vizsgálatunkat két-két csoport összehasonlítására építettük. Az első összehasonlítás alapját a mozgással gazdagított módszertanok hatásának emelt szintű ének-zenei osztályokban való megfigyelése képezte, az 1. modell esetében az irányított mozgás, a 2. modellben az improvizált mozgás került a fejlesztés középpontjába. Az alap óraszámú ének-zenei tanuló reális osztályok esetében a kísérleti csoportban az 1. modell módszertani hátterét alkalmazták, míg a kontrollcsoport hagyományos módszerrel tanult.

A tesztek reliabilitása jó, a belső konzisztencia értékek a szakirodalomhoz viszonyítva kellőképpen magasak, a validitást alátámasztja a két képességterület közötti, fokozatosan erősödő korreláció is.

Általános tendenciaként figyelhető meg, hogy a csoportok a hangmagasságon alapuló észlelés és reprodukció feladataiban dinamikusabb fejlődést mutattak, mint az időbeli tényezők által meghatározott feladatok esetében.

Az ének-zene tagozatos osztályokban a ritmus- és tempóészlelés nem fejlődött szignifikánsan a vizsgált időszakban. Az egyszerű diszkrimináción alapuló feladatok közül a hangmagasság-észlelés esetében tapasztaltuk a legjelentősebb fejlődést, s bár a második mérés alkalmával az 1. modell diákjai jobban teljesítettek, a harmadik mérésre a csoportok közötti különbség megszűnt. A 2. modell diákjai a kezdeti lemaradást a harmóniahallás feladatában is kiegyenlítették a harmadik mérési alkalomra. Esetükben így a hozzáadott érték ezen a területen magasabb volt. A két csoport dallamhallás-eredményei a mérési pontokban nem különböztek, azonban szignifikáns fejlődést tapasztaltunk az 1. modell esetében az első és harmadik mérés között. Az auditív-vizuális kapcsolat ritmus- és dallamfeladatában mindkét modell fejlődést mutatott. A ritmuskapcsolás esetében a

2. tanévre tehető a képesség fejlődésének dinamikusabb szakasza. Míg ebben a feladatban a 2. mérési pontban az 1. modell diákjai jobban teljesítettek, a dallamkapcsolásban nem találtunk eltérést a csoportok között. Ám ebben a feladatban kiegyenlítettőbb fejlődést mértünk, hiszen az egymást követő mérési pontoknál mindkét csoportban szignifikáns változást tapasztaltunk.

Az emelt óraszámú ének-zenét tanuló osztályok ritmus- és dallamreprodukciója is fejlődött az iskola első két tanéve folyamán. Míg az 1. modell diákjai ritmusvisszhangból második osztályban, addig a 2. modellben résztvevő gyerekek első osztályban mutattak jelentősebb fejlődést. Ennek köszönhetően a 2. modell szerint tanuló osztály behozta a kezdeti lemaradást a második mérésre, ám a harmadik méréskor ismét az 1. modell teljesítménye volt magasabb. A dallamreprodukció esetében a két csoport első mérési eredménye nem különbözött, azonban a további mérések során azt tapasztaltuk, hogy az 1. modellre nagyobb jótékony hatást gyakorolt az alkalmazott fejlesztés. A második és harmadik mérési pontban így szignifikáns különbséget találtunk a csoportok között és jelentősen csökkent az 1. modell szórása, tehát az osztály egységesen jól teljesített a feladatokon.

A két modell fejlesztő hatásáról elmondható, hogy az észlelésre hasonlóan hatottak, elsősorban a hangmagasság-alapú képességek mutattak jelentősebb, pozitív irányú változást. Ez az eredmény alátámasztja a hangmagasság- és dallamhallás szoros kapcsolatát a téri-vizuális képességekkel és egyben igazolja a mozgásközpontú módszerek jelentőségét az ének-zenei nevelésben.

Nagyobb mértékű különbségeket találtunk a mozgásközpontú és hagyományos módszerekkel ének-zenét tanuló, alap óraszámú csoportok között. Az ő esetükben mindkét csoportban megfigyelhető a ritmus- és tempóéztelés fejlődése, azonban ez a tendencia a kezdeti, alacsonyabb szintű teljesítményeknek is tulajdonítható. A kísérleti csoport a ritmuséztelésben mutatott egyértelműen magasabb teljesítményt a kontrollcsoporthoz képest a 2. és 3. mérés alkalmával. A hangmagasság- és a harmóniaéztelés csak a mozgásos módszerrel tanuló diákok esetében fejlődött, míg a dallamhallás esetében egyik csoportnál sem tapasztaltunk fejlődést. A hangmagasság-alapú észlelési képességek esetében az első mérési pontban a csoportok között nem találtunk különbséget, a második mérésben a kísérleti csoport mindhárom feladatban jobban teljesített, míg a harmadik mérés alkalmával csak a harmóniaéztelés eltérése volt szignifikáns. Míg a ritmusképlet auditív-vizuális kapcsolásában csak a mozgással tanuló csoport fejlődött, a dallamotívumok megfeleltetésében a hagyományos módszertant követő csoport is jelentősebb fejlődést produkált. A kísérleti csoport a ritmuskapcsolásban teljesített jobban. A reprodukciós teszt mindkét feladatában fejlődtek a vizsgált csoportok, azonban szignifikáns eltérést nem találtunk köztük a mért időszakban. Az eredmények alapján elmondható, hogy az alap óraszámú ének-zenét tanuló osztályok közül az 1. modell módszertani elemeit alkalmazó kísérleti csoportban a fejlesztés jótékony hatása főként a ritmusézteléshez kapcsolódó feladatokban mutatkozott meg.

A kutatás zenei mérőeszközökkel végzett vizsgálatai alátámasztják a mozgásos módszerek zenei képességekre gyakorolt jótékony hatását, amely a különböző képzési fokozatokon más-más jellegzetességekkel mutatkozik meg. Az adatok felhívják a figyelmet a mozgás közvetítő, összekötő szerepére a téri-vizuális és zenei képességek között, valamint a ritmuséztelés fejlődésére gyakorolt pozitív hatásra is. A fejlesztő módszerek hatásvizsgálatához, a rendelkezésekre álló, itemszintű adatok elemzéséhez további munka szükséges, amely hozzájárulhat ahhoz, hogy a későbbiekben még részletesebb képet alkothassunk a vizsgált képességek fejlődéséről.

Irodalom

- Asztalos K. & Csapó B. (2014). Online assessment of musical abilities in Hungarian primary schools – Results of first, third and fifth grade students. *Bulletin of the International Kodály Society*, 39(1), 3–14.
- Barkóczi I. & Pléh Cs. (1977). *Kodály zenei nevelési módszerének pszichológiai hatásvizsgálata*. Kodály Zoltán Zenepedagógiai Intézet – Bács megyei Lapkiadó Vállalat, Kecskemét.
- Csapó B. & Molnár Gy. (2019). Online diagnostic assessment in support of personalized teaching and learning: The eDia System. *Frontiers in Psychology*, 10(1522), doi: 10.3389/fpsyg.2019.01522
- Czeizel E. (1997). *Sors és tehetség*. Minerva Kiadó, Budapest.
- Dohány G. (2010): A zenei műveltség értelmezésének lehetőségei. *Magyar Pedagógia*, 110 (3), 185–210.
- Crowder, R. & Morton, J. (1969). Precategorical acoustic storage (PAS). *Perception and Psychophysics*, 5, 365–373.
- Dombiné Kemény E. (1992). A zenei képességeket vizsgáló tesztek bemutatása, összehasonlítása és hazai alkalmazásának tapasztalatai. In: Czeizel E. & Batta A. (szerk.): *A zenei tehetség gyökerei*. Arktisz Kiadó, Budapest. 207–248.
- Gembris, H. (2006). The development of musical abilities. In: R. Colwell (szerk.): *MENC handbook of musical cognition*. Oxford University Press, New York. 487–509.
- Gombás, J. & Stachó, L. (2004). Matematikai és zenei képességek vizsgálata 10-14 éves gyerekeknél. *Tudomány és Lélek*, 6. (OTDK Különszám) 50–65.
- Gooding, L. & Standley, J. M. (2011). Musical development and learning characteristics of students: A compilation of key points from the research literature organized by age. *Update: Applications of Research in Music Education*, 30(1), 32–45. doi: 10.1177/8755123311418481
- Gordon, E. E. (1989). *Advanced Measures of Music Audiation*. G. I. A. Publications, Chicago.
- Gordon, E. E. (1990). *A Music Learning Theory for Newborn and Young Children*. G. I. A. Publications, Chicago.
- Hargreaves, D. J. (1986/2001). *The developmental psychology of music*. Cambridge University Press, New York.
- Janurik M. (2008). A zenei képességek szerepe az olvasás elsajátításában. *Magyar Pedagógia*, 108(4), 289–317.
- Janurik M. (2010). *A zenei hallási képességek fejlődése és összefüggése néhány alapkészséggel*. Doktori disszertáció. Szegedi Tudományegyetem, Szeged.
- Janurik M. & Józsa K. (2013). A zenei képességek fejlődése 4 és 8 éves kor között. *Magyar Pedagógia*, 113(2), 75–99.
- Kim, J. (2000). Children’s pitch matching, vocal range, and developmentally appropriate practice. *Journal of Research in Childhood Education*, 14(2), 152–160. doi: 10.1080/02568540009594760
- Law, L. N. C. & Zentner, M. (2012). Assessing musical abilities objectively: Construction and validation of the profile of music perception skills. *PLoS One*, 7(12), doi: 10.1371/journal.pone.0052508.
- Miyamoto, K. A. (2007). Musical characteristics of preschoolage students: A review of literature. *Applications of Research in Music Education*, 26(1), 26–40. doi: 10.1177/87551233070260010104
- Ozernov-Palchik, O., Wolf, M. & Patel, A. D. (2018). Relationships between early literacy and nonlinguistic rhythmic processes in kindergarteners. *Journal of Experimental Child Psychology*, 167, 354–368. doi: 10.1016/j.jecp.2017.11.009
- Peretz, I. & Coltheart, M. (2003). Modularity of musical processing. *Nature Neuroscience*, 6(7), 688–691. doi: 10.1038/nn1083
- Peretz, I., Gosselin, N., Nan, Y., Caron-Caplette, E., Trehub, S. E. & Béland, R. (2013). A novel tool for evaluating children’s musical abilities across age and culture. *Frontiers in Systems Neuroscience*. 7(30), doi: 10.3389/fnsys.2013.00030
- Révész G. (1946). *Einführung in die Musikpsychologie*. A. Francke AG. Verlag, Bern. (fordította: Révész G., 2000)
- Seashore, C. E. (1919). *The Psychology of Musical Talent*. Silver Burdett and Company, USA.
- Snyder, B. (2012). Memory for music. In: Hallam, S., I. Cross & Thaut, M. (szerk.): *The Oxford Handbook of Music Psychology*. Oxford University Press, Oxford. 107–117.

- Sims, W. L. (2005). Effects of free versus directed listening on duration of individual music listening by prekindergarten children. *Journal of Research in Music Education*, 53(1), 78–86. doi: 10.1177/002242940505300107
- Steinbrink C., Knigge J., Mannhaupt G., Sallat S. & Werkle A. (2019). Are Temporal and tonal musical skills related to phonological awareness and literacy skills?—Evidence from two cross-sectional studies with children from different age groups. *Frontiers in Psychology*. doi: 10:805. 10.3389/fpsyg.2019.00805
- Turmezeyné Heller E., Máth J. & Balogh L. (2005). Zenei képességek és iskolai fejlesztés. *Magyar Pedagógia*, 2. 207–236.
- Turmezeyné Heller E. & Balogh L. (2009). *Zenei tehetséggondozás és képességfejlesztés*. Kocka Kör, Debrecen.
- Ullén, F., Mosing, M. A., Holm, L., Eriksson, H. & Medison, G. (2014). Psychometric properties and heritability of a new online test for musicality, the Swedish Musical Discrimination Test. *Learning and Individual Differences*, 63, 87–93. doi: 10.1016/j.paid.2014.01.057
- Werner, L. (2007). What do children hear: How auditory maturation affects speech perception. *The ASHA Leader*, 12(4), 6–7. doi: 10.1044/leader.FTR1.12042007.6
- Wieland, E. A., McAuley, J. D., Dilley, L. C. & Chang, S. E. (2015). Evidence for a rhythm perception deficit in children who stutter. *Brain and Language*, 144, 26–34. doi: 10.1016/j.bandl.2015.03.008

Lukács Borbála^{1 2}: Az aktív zenetanulási módszerek kognitív és szocio-emocionális hatásainak vizsgálata

¹ ELKH Természettudományi Kutatóközpont Agyi Képző Központ

² ELTE Eötvös Loránd Tudományegyetem Pszichológiai Doktori Iskola

Bevezetés

A gyermekkori zenei nevelés zenei képességeken túlmutató előnyeinek vizsgálatát évtizedek óta töretlen érdeklődés kíséri. A zene távoli transzferhatásaival foglalkozó vizsgálatok legfőbb célja, hogy feltárja azokat a képességterületeket, amelyek célzott fejlesztés hiányában is megerősödhetnek a zenetanulás során. A gyermekkori zenetanulás hatásainak megállapítását jelentősen megnehezíti, hogy a zenei tréning által közvetetten fejleszhetőnek vélt képességek (pl. fonológiai feldolgozás, olvasás, verbális emlékezet, végrehajtó funkciók, általános IQ, társas készségek) egyébként is intenzíven fejlődnek az óvodáskor végén és az első iskolaévek folyamán (Diamond, 2006; Hallam, 2010). Emiatt a transzferhatással foglalkozó kutatások lényegi törekvése, hogy elhatárolja a zenetanulás hatásait az adott életkornak megfelelő fejlődéstől, s megállapítsa azokat a feltételeket, amelyek elengedhetetlenek a távoli transzfer megjelenéséhez.

Habár számos nemzetközi kutatás irányult a zenetanulás közvetett hatásainak tisztázására az utóbbi évtizedekben, az óvodás- és iskoláskorúak számára kidolgozott különféle zenei tréningprogramok eredményei nem mutatnak egyértelmű képet a távoli transzferhatásokról. A 4–7 éves korosztály bevonásával végzett longitudinális kutatások többségében arról tanúskodnak, hogy a csoportos zenei tréningprogramokban résztvevő gyermekek intenzívebben fejlődnek nem zenélő társaikhoz képest a fonológiai feldolgozás (Degé & Schwarzer, 2011) és az olvasási készség terén (Rautenberg, 2015). Ugyanakkor egyes tanulmányok (Gromko, 2005; Kempert et al., 2016) nem igazolták a zenetanuló gyermekek fejlődésbeli előnyeit a nyelvi képességek esetében. A zenei tréningprogramok hatékonysága a végrehajtó funkciók és az általános intellektus fejlődését tekintve is változóan bizonyul (Jaschke, Honing, & Scherder, 2018; Linnavalli, Putkinen, Lipsanen, Huotilainen, & Tervaniemi, 2018; Mehr, Schachner, Katz, & Spelke, 2013; Schellenberg, 2004). Ígéretes eredmények döntően a verbális kognitív képességek területén figyelhetők meg. A csoportos zeneórákon résztvevő gyermekek rendre intenzívebben fejlődnek a verbális intelligencia (Moreno et al., 2011), verbális rövidtávú emlékezet (Kaviani, Mirbaha, Pournaseh, & Sagan, 2014) és munkamemória (Roden, Kreutz, & Bongard, 2012) területén azokhoz a társaikhoz képest, akik nem-zenei fókuszú tréningben vesznek részt vagy nem részesülnek fejlesztésben. További empirikus bizonyítékok állnak a rendelkezésünkre arra vonatkozóan, hogy a gyermekkori csoportos zenetanulás elősegíti a kreativitás (Wolff, 1978), valamint a proszociális készségek és az empátia fejlődését (Kalliopuska & Ruokonen, 1993).

Hazánkban a transzferhatás kutatások kifejezetten a közoktatásban zajló zenei nevelés hatásainak feltérképezésére fókuszáltak, amely a nemzetközi szakirodalomban viszonylag kevés figyelmet kapott. Az 1970-es (Barkóczi & Pléh, 1977; Kokas, 1972) és 1980-as években (Laczó, 1985) több, magyar kisiskolások körében végzett longitudinális tanulmány is született, amelyek az

emeltszintű ének-zene tanulás pozitív hatásáról számoltak be a kreativitás és az intelligencia terén az alsóbb évfolyamokon. A nemzetközi és hazai kutatásokban alkalmazott zenepedagógiai és kutatási módszerek sokfélesége miatt továbbra sem világos, hogy a különféle csoportos zenetanítási módszereknek mely elemei, mely területeken és milyen széles körben képesek a különböző életkorú gyermekek fejlődését elősegíteni.

A zenei nevelés transzferhatásainak az életkorhoz kötött fejlődéstől való elhatárolása különösen nagy kihívást jelent óvodás- és iskoláskorú gyermekek esetén. A gyermekkori zenetanulás egybeesik azzal az időszakkal, amikor a kognitív funkciók háttérében álló agyi struktúrák és idegrendszeri hálózatok intenzív érési és fejlődési folyamatokon mennek keresztül (Galván, 2010). Egyre több empirikus bizonyíték szól amellett, hogy a kognitív fejlődés agyi korrelátumai egyben a motoros funkciók fejlődésének alapját is képezik (Diamond, 2000). A serdülőkort megelőzően a gyermekek kognitív és motoros teljesítménye viselkedéses szinten is szoros összefüggést mutat (van der Fels et al., 2015). A kognitív és motoros funkciók kapcsolata alapján elképzelhető, hogy a gyermekek kognitív fejlődését jelentősen előremozdítja, ha a zenetanulási módszerek a motoros készségek tréningezésére is hangsúlyt fektetnek.

Annak ellenére, hogy a legtöbb zenepedagógiai programban különféle finom- és nagymotoros készségek (pl. tapsolás, dobolás, kopogás, testtel ritmizálás, táncolás) fejlesztése is szerepel, a kutatások ez idáig csak elvétve tanulmányozták, hogy zenei tevékenységekben megjelenő mozgás önmagában mennyiben járul hozzá a kognitív képességfejlődéshez. Mivel a csoportos zenei tevékenységek során alkalmazott testmozdulatok személyközi interakciók kialakulását is lehetővé teszik, ezért az is lehetséges, hogy a mozgást integráló közösségi zenetanulási programok a szocio-emocionális készségek fejlődését kiemelten befolyásolják. Jelen kutatásunk közvetlen előzményének tekinthető Maróti és munkatársai (2019) magyar mintán végzett kutatása, amely a hagyományos, kodályi zenepedagógia mellett a mozgással kiegészített aktív zenetanulási módszerek transzferhatásainak átfogó vizsgálatát végezte el iskolakezdő gyermekeknél. A tanulmány eredményei, bár nem jeleztek szignifikáns eltérést a programok hatékonyságában, tendenciák szintjén arra utaltak, hogy az aktív zenetanulási modellek a munkamemória, fonológiai feldolgozás és verbális képességek fejlődését, míg a kodályi elveket követő énekórák a végrehajtó funkciók fejlődését segítették elő nagyobb mértékben. További longitudinális kutatások hiányában viszont nem világos, hogy a zenei tevékenységeket kísérő mozgás eltérő alkalmazása milyen mechanizmusok által támogathatja az egyes nem-zenei képességek fejlődését.

Vizsgálati kérdések

Jelen kutatásunk során az iskolai környezetben zajló ének-zenei nevelés lehetséges távoli transzferhatásait vizsgáltuk kisiskolás gyermekek esetében. Az iskolai énekórák hatásainak felmérését négy iskolakezdő osztályban végeztük el, és a tanulók fejlődését az iskolába lépéstől a második iskolaév végéig követtük. A résztvevők képességeit három alkalommal mértük fel (1. osztály év eleje és vége, 2. osztály év vége) a nyelvi képességek, végrehajtó funkciók, általános intellektus, kreativitás és empátia területén. Tanulmányainkban a közoktatásban alkalmazott tradicionális,

kodályi pedagógiai elveket követő zenei nevelés mellett az újonnan kidolgozott, mozgásélményen alapuló zenepedagógiai módszerek hatásait térképeztük fel.

A zenepedagógiai módszerek fejlesztési hatékonyságát az osztályok eltérő alaptanterve miatt párban vizsgáltuk. Az 1. vizsgálatban két reál tagozatos osztály fejlődését vetettük össze, amelyekben a tanulók az alapóraszámnak megfelelően heti két ének-zene órán vettek részt. Az egyik osztály a hagyományos, Kodály-koncepción alapuló ének-zenei nevelésben részesült, a másik osztály az irányított mozgásformákat alkalmazó aktív zenetanulási módszer (1. modell) szerinti énekórákon vett részt. A 2. vizsgálatban emeltszintű ének-zene tagozatos osztályokat hasonlítottunk össze, amelyekben a gyermekek heti négy órában, az aktív zenetanulási modelleket követve vettek részt iskolai ének-zenei nevelésben. Az egyik osztály az irányított mozgásformákat integráló 1. modell szerint, a másik osztály az improvizatív mozgással ötvözött 2. modell szerint tanult ének-zenét az iskolában. A zenepedagógiai modellek hatásainak összevetésével arra törekedtünk, hogy meghatározzuk az iskolai zenetanítási módszerek azon jellegzetességeit, amelyek megkülönböztető módon járulhatnak hozzá a transzfer kialakulásához az egyes képességterületeken.

1. vizsgálat

A hagyományos és a mozgásközpontú módszer hatásainak összehasonlító vizsgálata

Résztevők

Az összehasonlító elemzések alapjául két reál tagozatos osztály ($N = 40$) adatai szolgáltak. Mindkét osztály az alapóraszámnak megfelelően heti két énekórán vett részt, viszont az iskolai ének-zenei nevelés során alkalmazott pedagógiai módszer tekintetében eltértek egymástól. A hagyományos módszer szerint tanuló osztályban ($N = 15$; 8 fiú; átlagéletkor = 6,99 év; szórás = 0,26 év) a kodályi zenepedagógiai elveket követve történt az ének-zene tanítása. A mozgásközpontú osztályban ($N = 25$; 18 fiú; átlagéletkor = 6,93 év; szórás = 0,34 év) az aktív zenetanulás 1. modellje, a Kreatív énekes-játékok szerint zajlott az ének-zenei nevelés.

A vizsgálatokat megelőzően a résztvevő gyermekek szóbeli beleegyezést, szüleik írásos informált beleegyező nyilatkozatot adtak. A gyermekek részvételükért kisebb ajándékokat kaptak. A vizsgálatot az Egyesített Pszichológiai Kutatási Etikai Bizottság engedélyezte.

Mérőeszközök

Nyelvi képességek

A nyelvi képességek vizsgálatára a „Diszlexia Differenciáldiagnózisa, Maastricht” számítógépes teszt magyar változatát használtuk (Tóth, Csépe, Vaessen, & Blomert, 2014). Az *olvasás* feladatban a szóolvasási teljesítményt mértük fel gyakori szavak esetében. A résztvevőknek a képernyőn és a fejhallgatón keresztül mutattuk be az instrukciókat. A célszavakat a számítógép képernyőjén

prezentáltuk, és a gyermekeket arra kértük, hogy 30 másodperc alatt a lehető legtöbb szót próbálják pontosan felolvasni. Iskolakezdekor és az első iskolaév végén az eredeti teszt egyszerűsített változatát használtuk. A résztvevők csak akkor végezték el a feladatot, ha a gyakorlási szakaszban helyesen tudták elolvasni az egyszótagú szavakat. Az éles próba két blokkból állt, amelyek 15-15 itemet tartalmaztak. Az első blokkban egyszótagú, hárombetűs szavak, a második blokkban négybetűs szavak szerepeltek. A második iskolaév végén az eredeti olvasástesztet alkalmaztuk, amelyet már minden résztvevő elvégzett. Az első két blokk megegyezett a rövidített tesztben használt blokkokkal. Az eredeti teszt továbbá a harmadik blokkban egyszótagú ötbetűs, a negyedik blokkban kétszótagú, az ötödik blokkban háromszótagú szavakat tartalmazott. A másodpercenként helyesen olvasott betűk száma alapján meghatároztuk az olvasási fluenciát, amelyet a három mérési pontra külön számoltunk ki.

A *fonématorlás* feladat segítségével a fonématudatosságot vizsgáltuk. A feladatban egyszótagú álszavak meghatározott hangjait kell elhagyni, s megismételni a megmaradt szekvenciát (pl. „cák” „k” nélkül [=cá]). Az első iskolaév két mérése alkalmával a fonématorlás esetében is az eredeti teszt rövidített változatát mutattuk be a gyermekeknek. Csak abban az esetben vettük fel az éles próbákat, ha a gyermek helyesen oldotta meg a gyakorló példákat. A rövidített tesztben mindössze négy itemet mutattunk be, amelynek során egyszerű, hárombetűs álszavak első vagy utolsó hangját kellett elhagyni. A második iskolaév végén az eredeti tesztet használtuk, amelyben változó komplexitású itemek szerepeltek három blokkba rendezve. Az első két blokkban a kezdő- vagy záróhangot kellett törölni három- és négybetűs álszavakból, a harmadik blokkban komplexebb, egyszótagú álszavak egyik belső hangját kellett törölni. Az altesztben 27 item szerepelt. A résztvevők az instrukciókat és az tesztitemeket fejhallgatón keresztül hallották. A helyes válaszok aránya alapján határoztuk meg a fonématorlás pontosságát az egyes mérési pontokra vonatkozóan. A pontosság nyerspontjait valószínűségi tesztelméleten (item response theory, IRT) alapuló modellekkel transzformáltuk, így a pontossági mutató átlagértéke 0 és szórása 1 lett.

A *gyors automatikus megnevezés (rapid automatized naming, RAN)* feladatot a vizuális-verbális integráció mechanizmusainak és a fonológiai lexikális előhívás hatékonyságának felmérésére alkalmaztuk. Két RAN feladatot használtunk, amelyek egyjegyű számok (pl. 1, 4, 5, 6, 8) és hétköznapi tárgyak képeinek (pl. hal, szék, körte, olló, kutya) pontos és minél gyorsabb egymás utáni megnevezését kérték a gyermekektől. A gyakorlási szakaszban öt item jelent meg a képernyőn, amelynek segítségével ellenőrizhettük, a gyermek a megfelelő szót használja-e az item megnevezésére. Az itemeket 3×5-ös mátrixokba rendezve, négy blokkban (ingertípusonként két blokkban) mutattuk be, amelyeken belül az egyes elemek pseudorandom sorrendben szerepeltek. A résztvevőknek a képernyőn és fejhallgatón keresztül mutattuk be az instrukciókat. A másodpercenként helyesen megnevezett itemek átlagos száma alapján megnevezési sebességet számoltunk az egyes ingertípusokra.

Végrehajtó funkciók

A végrehajtó funkciók főbb aspektusainak (kognitív gátlás, váltás, frissítés) vizsgálatára három tesztet használtunk. A *verbális fluencia* teszt (Mészáros, Kónya, & Kas, 2011) olyan kognitív képességek felmérésére alkalmas, mint a feladat szempontjából releváns elemek szervezett keresése, a feladat szempontjából irreleváns elemek gátlása a mentális lexikonban,

információfrissítés, flexibilis váltás a feladat kondíciói között, stratégiaalkotás és -használat, lexikális hozzáférés. A teszt során a gyermekeknek meghatározott szabályok szerint a lehető legtöbb szót kell előhívniuk egy perc alatt. A fonémikus fluencia feladatokban *k*, *t*, majd *s* hanggal kezdődő szavak felsorolását kértük. A szemantikus fluencia esetén a lehető legtöbb állat, majd gyümölcs felsorolása volt a feladat. Az egyes próbákban a szabálynak megfelelően képzett szavak száma alapján határoztuk meg a fluencia értékét. Az öt feladat fluenciaértékének összegzésével egy összesített fluencia mutatót alakítottunk ki.

A munkamemóriát két teszt segítségével vizsgáltuk. A WISC-IV *Számterjedelem* altesztjét (Nagyné Réz, Lányiné Engelmayer, Kuncz, Mészáros, & Mlinkó, 2008) a verbális munkamemória felmérésére használtuk. A feladat egyjegyű számokból álló, növekvő hosszúságú sorozatok elismétlését kívánta meg a résztvevőtől, először az elhangzás sorrendjében, majd fordított sorrendben. A számterjedelem mutatót az előre és a fordított sorrendű próbákban szerzett pontok összege alapján számítottuk ki. A *Számlálási terjedelem* teszt (Case, Kurland, & Goldberg, 1982) olyan komplex munkamemória feladat, amely által az információfeldolgozás, -megtartás és -előhívás képessége egyidejűleg vizsgálható. A feladatban a résztvevőknek képeket mutattunk a számítógép képernyőjén, amelyeken elszórtan célingerként kék körök, zavaró elemként sárga körök és kék négyzetek jelentek meg. Az adott képen megjelenő kék körök száma kettő és nyolc között volt. A teszt három blokkból állt, és az egyes blokkokon belül öt képsorozat szerepelt. Az első sorozat két képet foglalt magába, és a képek száma eggyel növekedett minden rákövetkező sorozatban. Ennek megfelelően az utolsó próba, amely az ötödik sorozat volt a blokkban, hat képet tartalmazott. A feladatban az adott képen látható kék köröket kellett egyenként hangosan megszámolni, majd a számlálás végösszegét elismételni. A képsorozat végére érve a gyermeknek fel kellett idéznie a végösszegeket a képek megjelenésének sorrendjében. Amennyiben a gyermek nem tudta pontosan, megfelelő sorrendben felidézni a megszámolt köröket, a következő blokkal folytatódott a feladat. A számlálási terjedelmet a három blokk terjedelemértékének, azaz a helyes sorrendben felidézett végösszegek számának átlagolásával állapítottuk meg.

Intelligencia

Az általános intellektust a WISC-IV (Nagyné Réz et al., 2008) két altesztjével mértük fel. A verbális IQ és verbális megértés vizsgálatára a *Szókincs* tesztet használtuk. A feladatban a résztvevőknek a vizsgálatvezető által szóban prezentált szavak jelentését kellett meghatározniuk. A pontszámokat a definíció kifinomultsága határozta meg. A nonverbális IQ és a téri-vizuális képességek vizsgálatát a *Mozaik-próba* segítségével végeztük. A gyermek feladata az volt, hogy fehér és piros kockákból adott időkereten belül kirakja a bemutatott fehér-piros ábrát. Az időhatáron belül helyesen reprodukált minták értek pontot. A csoportok fejlődési tendenciájának követése érdekében mindkét altest esetében a nyers pontszámokat használtuk az elemzések során.

Kreativitás

A kreativitás felmérésére két tesztet használtunk. A *Szokatlan használat* tesztben (Torrance, 1966) 3 perc állt a gyermekek rendelkezésére, hogy adott hétköznapi tárgynak (pl. fogkefe, bögre) a lehető legtöbb és legérdekesebb alternatív felhasználási lehetőségét felsorolják.

A *Képzőművészeti feladatban* (Wallach & Kogan, 1965) a résztvevők egy-egy színes, absztrakt rajzot (pl. madarak, bolygók) láttak, s arra kértük őket, 3 perc alatt minél több ötletet mondjanak arról, hogy mit ábrázolhat a kép. A vizsgálatvezető az instrukciókat verbálisan prezentálta, és a válaszokat diktafon segítségével rögzítette.

A válaszok összesítését hívóingereként végeztük el, s az értékelés során a Pásztor és munkatársai (2015) által leírt kategorizálás folyamatát követtük. A két független értékelő a válaszokat először szemantikai főkategóriákba sorolta, majd azokon belül a válaszokat alkategóriákba rendezte. A ritka válaszok önmagukban alkottak szemantikai főkategóriákat. A kategorizálást követően az egyes hívóingerekre két mutatót számoltunk. Az érvényes válaszok száma alapján határoztuk meg a *fluencia* mutatót. A válaszok *originalitás* mutatóját a Barkóczi és Klein (1968) által kidolgozott képlet segítségével határoztuk meg:

$$\text{originalitás} = \left(1 - \frac{I + i}{2T}\right)^{14}$$

ahol T az összes válasz száma, I az adott szemantikai főkategóriába tartozó válaszok száma, i az adott szemantikai alkategóriába tartozó válaszok száma. Az originalitás értéke 0 és 1 közé eshetett. Az originalitás-értéket válaszonként számoltuk ki, és az összesített originalitásmutatót az adott hívóingernél számított originalitás-értékek összegzésével határoztuk meg.

Empátia

Az empátia felmérésére a Gyermek és Serdülő Empátia Indexet (Bryant, 1982) használtuk. A kérdőív kitöltése során a gyermekek feladata az volt, hogy eldöntsék, egyetértenek-e a mindennapi társas helyzetekre utaló, rövid állításokkal. Az adatgyűjtés az eDia online rendszer segítségével történt. Az instrukciókat és a kérdőív egyes állításait fülhallgatón keresztül hallgatták meg a résztvevők. A gyermekek önállóan, számítógépen töltötték ki a kérdőívet: egyetértésüket a zöld pipára, egyet nem értésüket a piros keresztre kattintva jelezheték. A pozitív állításokkal való egyetértés és a negatív állításokkal való egyet nem értés ért pontot. Az empátia indexet a pontszámok összesítésével nyertük, s a magasabb indexérték magasabb szintű érzelmi empátiára utalt.

Eljárás

Az adatfelvételt a kötet szerzői és a kutatási asszisztensek végezték el, és felügyelték. A papírceruza tesztek (IQ-tesztek, számterjedelem, verbális fluencia és kreativitás feladatok) és a számítógépes tesztek (nyelvi tesztek, számlálási terjedelem) felvétele egyénileg, két 45 perces ülésben zajlott. A két ülés sorrendjét kiegyenlítettük a résztvevők között, és adott ülésen a feladatok sorrendje azonos volt minden mérési pontban. Az online empátia kérdőív kérdéseinek megválaszolása (és az online zenei képességteszt elvégzése, ld. „A zenei észlelési és reprodukciós képességek fejlődésének összehasonlító vizsgálata” című fejezet) egy harmadik, 45 perces ülésben történt. Az osztályokat 10–15 fős csoportokra bontottuk, és a gyermekek az iskola informatika termében lévő számítógépeken, egyénileg válaszoltak a kérdőív állításaira.

Az 1. mérésre az első osztály év elején, az iskolakezdés után egy hónappal került sor. A 2. mérést hat hónappal később, az első iskolaév végén, a 3. mérést pedig a második iskolaév végén tartottuk.

Statisztikai elemzés

A változók eloszlásának ellenőrzésére Shapiro-Wilk-teszteket végeztünk. Az iskolakezdéskor fennálló potenciális csoportkülönbségeket független mintás t -próbákkal, normalitás sérülése esetén Mann-Whitney-próbákkal ellenőriztük. A hatásméret mutatóként a Cohen-féle hatásmértéket (d) vagy a rangkorrelációt (r) tüntetjük fel. Az elemzéseket a JASP 0.13 statisztikai program segítségével végeztük el.

A részminták elemszáma és a normalitás sérülése miatt nonparametrikus longitudinális adatelemzést végeztünk, amelyhez az nparLD csomagot (Noguchi et al., 2015) használtuk az R statisztikai szoftverben. Az nparLD olyan rangsorolós módszeren alapuló, varianciaanalízis-típusú elemzéseket képes kivitelezni, amelyek lehetővé teszik adott tréning hatásának ellenőrzését több mérési pontban, független részminták esetében. Vegyes elrendezésű faktoriális varianciaanalízist végeztünk a *Csoport* és a *Mérés* faktorok mentén annak érdekében, hogy a csoportkülönbségeket mérési pontonként megítélhessük és a csoportok fejlődési mintázatait összevethessük. Az nparLD elemzésekben a nevező szabadságfoka minden esetben végtelen. A hatásméret jelzésére a relatív tréninghatás (relative treatment effect, RTE) mutatót használtuk, amely 0 és 1 közötti értéket vehet fel. A 0,50 érték alatti RTE arra utal, hogy az adott alcsoportban lévő személy alacsonyabban teljesít a mintából véletlenszerűen kiválasztott személyhez képest, míg a 0,50 fölötti érték azt mutatja, hogy az alcsoportban lévő személy legalább olyan szinten teljesít, mint egy, a teljes mintából véletlenszerűen kiválasztott személy. A 0,50 körüli RTE-érték azt jelzi, hogy nincs hatása a tréningnek. A növekvő RTE-értékek tehát a teljesítmény javulását, a csökkenő RTE-értékek a teljesítmény csökkenését jelzik a vizsgált időszakban. A csoportok összehasonlítására post hoc elemzéseket végeztünk, és nonparametrikus relatív kontraszthatásokat számítottunk az nparcomp csomag segítségével (Konietschke, Noguchi, & Rubarth, 2019). Az összehasonlítások hatásméret-mutatójaként a fentebb ismertetett RTE értékeket közöljük.

A főhatásokat, interakciókat és csoportkülönbségeket abban az esetben tekintettük szignifikánsnak, ha a p -érték 0,05 alatti értéket vett fel.

Eredmények és megbeszélés

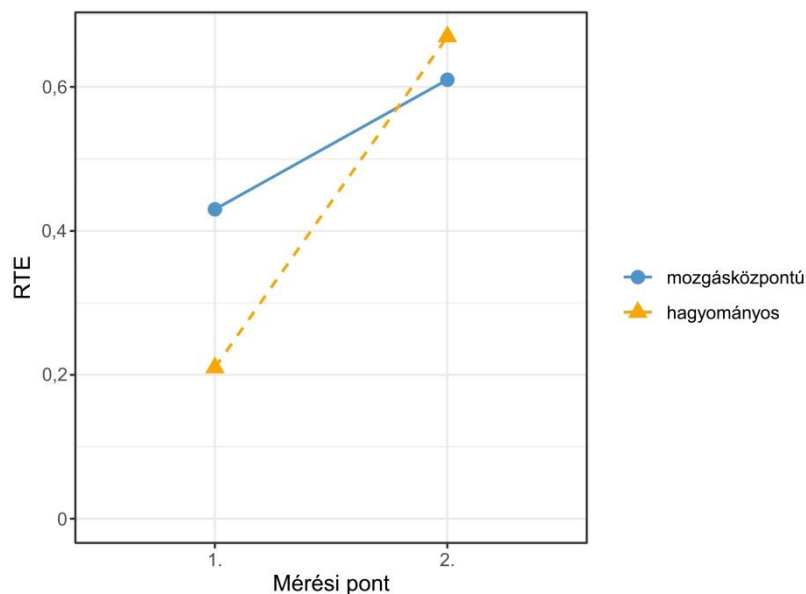
Kiindulási képességek

Az első iskolaév elején egyik képességterületen sem tapasztaltunk különbséget a csoportok között ($p \geq 0,052$).

Longitudinális eredmények

Nyelvi képességek

Az első iskolaév elején csak a résztvevők egy része tudta elvégezni az olvasás (mozgásközpontú osztály: $n = 13$, hagyományos osztály: $n = 7$) és fonémátörlés feladatokat (mozgásközpontú osztály: $n = 17$, hagyományos osztály: $n = 5$), így az első iskolaévre vonatkozó longitudinális elemzés alapjául ennek a részmintának az adatai szolgáltak. Az elemzés szignifikáns Mérés főhatást tárt fel az olvasási fluencia, $F(1) = 108,92$, $p = 1,689 \times 10^{-25}$, $RTE_1 = 0,31$, $RTE_2 = 0,66$, és a fonémátörlés esetében, $F(1) = 32,63$, $p = 1,113 \times 10^{-8}$, $RTE_1 = 0,32$, $RTE_2 = 0,64$, amely arra utal, hogy mindkét osztály olvasási teljesítménye és fonémátudatossága jelentősen fejlődött az első iskolaév folyamán. Szignifikáns Csoport főhatás nem jelent meg ($p \geq 0,273$). Szignifikáns Csoport \times Mérés interakciót csak a fonémátörlést illetően találtunk (1. ábra), $F(1) = 6,54$, $p = 0,011$; mozgásközpontú: $RTE_1 = 0,43$, $RTE_2 = 0,61$, hagyományos: $RTE_1 = 0,21$, $RTE_2 = 0,67$, az olvasási fluenciát illetően nem ($p = 0,189$). A post hoc elemzések szerint a csoportok fonémátörlési teljesítménye egyik mérési pontban sem különbözött szignifikánsan ($p \geq 0,135$), viszont a hagyományos pedagógiát követő osztály intenzívebb fejlődést mutatott az első év során ($T = 9,39$, $p < 0,001$, $RTE = 0,96$) az 1. modell szerint tanuló osztályhoz képest ($T = 2,35$, $p = 0,029$, $RTE = 0,67$).



1. ábra A Fonémátörlés feladatban becsült relatív tréninghatások (RTE) az egyes mérési pontokban, a réál tagozatos osztályok esetében

Az olvasást és a fonémátudatosságot komplexebb mérőeszközök segítségével vizsgáltuk a 2. méréskor. A csoportkülönbségek megállapításához a teljes minta adatainak felhasználásával független mintás t -próbát és Mann-Whitney-próbát végeztünk el. Az elemzések során nem találtunk szignifikáns különbséget a csoportok között az olvasási fluencia, $t(38) = 1,69$, $p = 0,100$, $d = 0,55$ és a fonémátörlés esetében, $W = 257$, $p = 0,053$, $r = 0,37$. Az első évben a fonémátudatosságnál

tapasztalt fejlődési intenzitáskülönbség ellenére az osztályok teljesítménye a második év végére kiegyenlített.

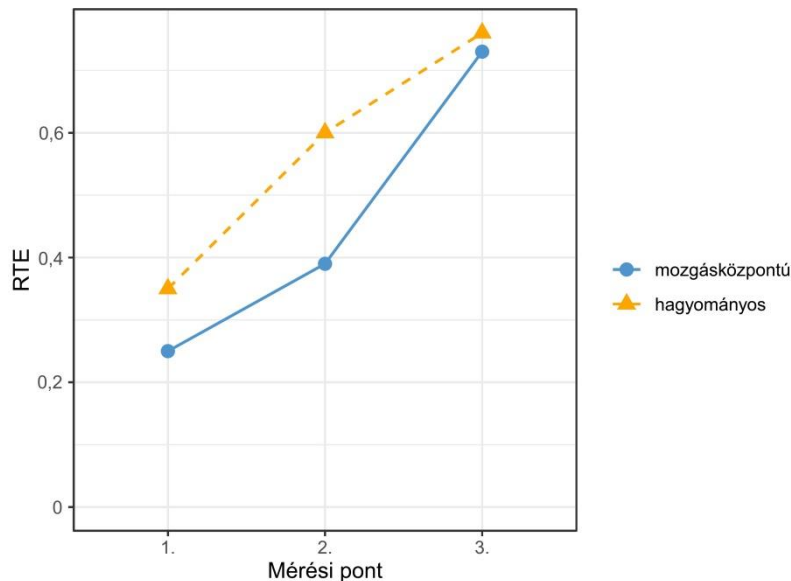
A RAN-t illetően a longitudinális elemzések szignifikáns Mérés főhatást jeleztek a numerikus feladatban, $F(1,93) = 126,24$, $p = 9,413 \times 10^{-54}$, $RTE_1 = 0,24$, $RTE_2 = 0,52$, $RTE_3 = 0,73$, és a képi feladatban egyaránt, $F(2) = 60,77$, $p = 4,748 \times 10^{-27}$, $RTE_1 = 0,32$, $RTE_2 = 0,49$, $RTE_3 = 0,68$. A Csoport főhatás és Csoport \times Mérés interakció egyik feladatnál sem volt szignifikáns ($p \geq 0,115$). Mindez arra utal, hogy a két osztály megnevezési teljesítménye hasonlóan intenzív fejlődést mutatott az első két iskolaév során.

Végrehajtó funkciók

A longitudinális adatelemzés szignifikáns Mérés főhatást mutatott ki a számterjedelem, $F(1,96) = 22,67$, $p = 2,154 \times 10^{-10}$, $RTE_1 = 0,37$, $RTE_2 = 0,53$, $RTE_3 = 0,62$, a számlálási terjedelem, $F(1,80) = 16,28$, $p = 3,083 \times 10^{-7}$, $RTE_1 = 0,37$, $RTE_2 = 0,50$, $RTE_3 = 0,63$, és a verbális fluencia esetén, $F(1,84) = 74,97$, $p = 8,467 \times 10^{-31}$, $RTE_1 = 0,31$, $RTE_2 = 0,53$, $RTE_3 = 0,70$. Szignifikáns Csoport főhatást és Csoport \times Mérés interakciót nem találtunk ($p \geq 0,230$). Ezek alapján megállapítható, hogy a végrehajtó funkciók az alapóraszámiban ének-zenét tanuló osztályokban hasonlóan szignifikáns mértékben fejlődtek a vizsgált időszakban.

Intelligencia

Az elemzés szignifikáns Mérés főhatást jelzett a verbális IQ, $F(1,90) = 85,77$, $p = 2,831 \times 10^{-36}$, $RTE_1 = 0,30$, $RTE_2 = 0,50$, $RTE_3 = 0,75$, és a nonverbális IQ teszten, $F(1,76) = 36,56$, $p = 6,440 \times 10^{-15}$, $RTE_1 = 0,35$, $RTE_2 = 0,45$, $RTE_3 = 0,65$. A nonverbális IQ esetében nem találtunk szignifikáns Csoport főhatást és Csoport \times Mérés interakciót ($p \geq 0,061$), amely jelzi, hogy a két osztály hasonló mértékben fejlődött a téri-vizuális kognitív képességek terén. A verbális IQ esetében azonban szignifikáns Csoport főhatás, $F(1) = 4,03$, $p = 0,045$; $RTE_{\text{mozgásközpontú}} = 0,46$, $RTE_{\text{hagyományos}} = 0,57$, és szignifikáns Csoport \times Mérés interakció jelentkezett (2. ábra), $F(1,90) = 3,52$, $p = 0,032$; mozgásközpontú: $RTE_1 = 0,25$, $RTE_2 = 0,39$, $RTE_3 = 0,73$; hagyományos: $RTE_1 = 0,35$, $RTE_2 = 0,60$, $RTE_3 = 0,76$. A post hoc kontrasztelemzés szerint a két osztály szókinccse nem különbözött az 1. és 3. mérési pontokban ($p \geq 0,052$), viszont a 2. méréskor a hagyományos módszert követő osztály szignifikánsan nagyobb szókinccsel rendelkezett az 1. modell szerint tanuló osztályhoz képest ($T = 3,09$, $p = 0,005$, $RTE = 0,76$). A fejlődési mintázatok elemzése alapján mindkét osztály szókinccse szignifikánsan fejlődött az 1. és 2. mérés között (mozgásközpontú: $T = 2,47$, $p = 0,049$, $RTE = 0,69$; hagyományos: $T = 3,47$, $p = 0,009$, $RTE = 0,80$), illetve a 2. és 3. mérés között (mozgásközpontú: $T = 6,86$, $p = 8,308 \times 10^{-8}$, $RTE = 0,86$; hagyományos: $T = 2,64$, $p = 0,048$, $RTE = 0,75$). Az RTE-értékek szerint az 1. és 2. mérési pontok között a hagyományos módszert követő osztály, míg a 2. és 3. mérés között az 1. modell szerint tanuló osztály szókinccse fejlődött jelentősebben. Mivel a második iskolaév végén nem tapasztaltunk csoportkülönbségeket, ezért arra következtethetünk, hogy nem a két pedagógiai módszer hatékonysága különbözött, hanem a verbális IQ fejlődésének üteme bizonyult eltérőnek a csoportokban.



2. ábra A verbális IQ tesztben becsült relatív tréninghatások (RTE) az egyes mérési pontok esetén, a reál tagozatos osztályokban

Kreativitás

Elemzéseink során szignifikáns Mérés főhatást kaptunk mindkét kreativitás mutató, a fluencia, $F(1,75) = 8,44$, $p = 0,0004$, $RTE_1 = 0,39$, $RTE_2 = 0,49$, $RTE_3 = 0,62$, és az originalitás esetében, $F(1,75) = 11,85$, $p = 2,116 \times 10^{-5}$, $RTE_1 = 0,36$, $RTE_2 = 0,51$, $RTE_3 = 0,64$. A Csoport főhatás és a Csoport \times Mérés interakció egyik mutatónál sem bizonyult szignifikánsnak ($p \geq 0,180$), ami alapján azt a következtetést vonhatjuk le, hogy az alapóraszámú ének-zenei tanuló osztályok kreativitása hasonlóan jelentős mértékben fejlődött az első két iskolaév során.

Empátia

Az empátia tesztet illetően nem tapasztaltunk szignifikáns főhatásokat vagy interakciót ($p \geq 0,059$), amely arra utal, hogy a tanulók empátiája egyik csoportban sem fejlődött szignifikánsan a vizsgált időszakban.

Összegzés

Az alapóraszámú megfelelő ének-zenei nevelésben részesülő, reál tagozatos osztályokban tanuló gyermekek fejlődését követve eredményeink azt jelezték, hogy a hagyományos, kodályi pedagógiához képest az irányított mozgásformákkal kiegészített aktív zenetanulási módszer nem támogatta hatékonyabban a résztvevők képességeinek fejlődését az első két iskolaévben. Az empátia kivételével minden vizsgált képességterületen szignifikáns fejlődést tapasztaltunk a két osztályban, s kizárólag a fonématuszatosság és a verbális IQ fejlődésében figyeltünk meg csoportkülönbségeket. Mivel az utolsó felmérés alkalmával a fonématuszatosság és a verbális IQ esetében sem találtunk csoportkülönbségeket, ezért valószínű, hogy a fejlődésbeli eltérés nem a

zenepedagógiai módszerek eredményességének, hanem a képességek fejlődési ütemének a különbözőségét tükrözi.

2. vizsgálat

Az 1. és 2. modell hatásainak összehasonlító vizsgálata

Résztevők

Az összehasonlító elemzések alapjául két emeltszintű ének-zene tagozatos osztály ($N = 40$) adatai szolgáltak. Az osztályok az aktív zenetanulási módszerek pedagógiai koncepcióját követve heti négy tanóránban részesültek iskolai ének-zenei nevelésben. Az 1. modell szerint tanuló osztályban ($N = 22$; 9 fiú; átlagéletkor = 6,93 év, szórás = 0,31 év) a Kreatív énekes-játékok pedagógiai elveinek, a 2. modell szerint tanuló osztályban ($N = 18$; 9 fiú; átlagéletkor = 7,13 év, szórás = 0,35 év) a Dinamikus énekzene-tanulás koncepciójának megfelelően zajlottak az iskolai énekórák.

Mérőeszközök és eljárás

Jelen vizsgálat során az 1. vizsgálatban bemutatott mérőeszközöket alkalmaztuk a nyelvi és intellektuális képességek, a végrehajtó funkciók, a kreativitás és az empátia fejlődésének felmérésére. A mérések ütemezése (1. mérés az első iskolaév elején, 2. mérés az első iskolaév végén, 3. mérés a második iskolaév végén) és a statisztikai elemzés módszerei szintén megegyeznek a fentebb leírtakkal.

Eredmények és megbeszélés

Kiindulási képességek

Iskolakezddéskor a két osztály teljesítménye szignifikánsan különbözött a verbális IQ, $t(38) = -2,63$, $p = 0,012$, $d = -0,84$, a RAN képek, $W = 77$, $p < 0,001$, $r = -0,61$, és a kreativitás originalitás mutatója tekintetében, $t(38) = 3,08$, $p = 0,004$, $d = 0,98$. Míg a verbális IQ és a RAN képek esetében a 2. modellt követő osztály ért el szignifikánsan magasabb pontszámot, a kreativitás tekintetében az 1. modellt követő osztálynál tapasztaltunk szignifikánsan magasabb teljesítményt. További mutatóknál nem találtunk szignifikáns csoportkülönbséget ($p \geq 0,083$).

Longitudinális eredmények

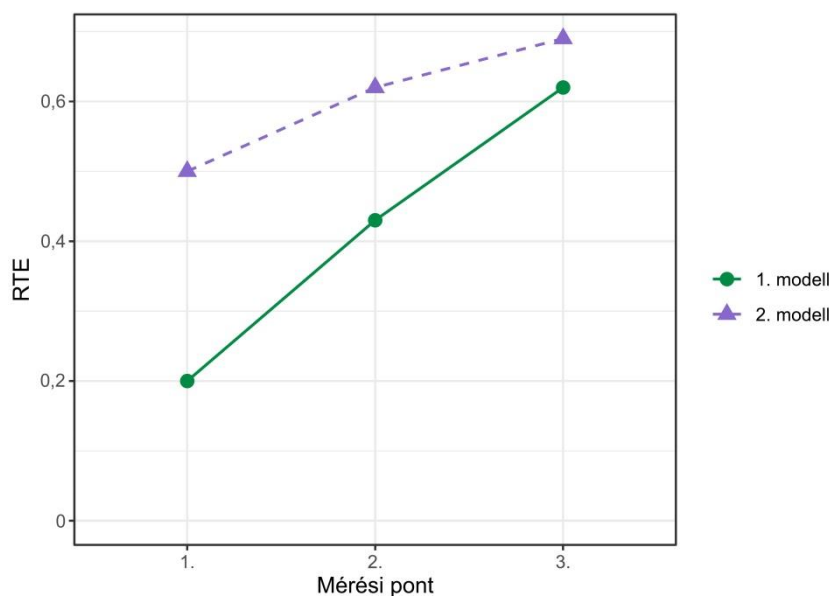
Nyelvi képességek

Mivel az első iskolaév elején csak a résztvevők egy része végezte el az olvasás (1. modell osztály: $n = 9$; 2. modell osztály: $n = 14$) és fonémátörlés feladatokat (1. modell osztály: $n = 13$; 2. modell osztály: $n = 18$), ezért az első iskolaévre vonatkozó longitudinális elemzéshez ezen rész minta

adatait használtuk fel. Az elemzés szignifikáns Mérés főhatást mutatott az olvasásteszt, $F(1) = 27,53$, $p = 1,549 \times 10^{-7}$, $RTE_1 = 0,36$, $RTE_2 = 0,62$, és fonématorlési feladat esetén is, $F(1) = 80,05$, $p = 3,654 \times 10^{-19}$, $RTE_1 = 0,32$, $RTE_2 = 0,69$. A Csoport főhatás és a Csoport \times Mérés interakció nem bizonyult szignifikánsnak ($p \geq 0,464$).

További Mann-Whitney-próbákat végeztünk a teljes minta adatait alapul véve, hogy a 3. mérési pontban összehasonlítsuk az osztályok teljesítményét komplexebb olvasási és fonématorlési feladatokban. Szignifikáns csoportkülönbséget azonosítottunk az olvasási fluenciát illetően, $W = 120$, $p = 0,034$, $r = -0,39$, ami arra utal, hogy a 2. modell szerint tanulók olvasási képessége (medián = 5,74) szignifikánsan jobb volt, mint az 1. modell szerint tanulók olvasási fluenciája (medián = 3,99). A fonématorlés tesztben a csoportkülönbség nem volt szignifikáns ($p = 0,882$). Mindezek alapján arra következtethetünk, hogy a zenei osztályok fonématorlátossága az első két iskolaév során hasonlóan intenzíven fejlődött. Ugyanakkor az olvasási készség esetén az osztályok első évi fejlődési párhuzamát követően a második iskolaév végén már a 2. modell tanulóinak fejlődési előnye állapítható meg. Az olvasási fluencia fejlődésében így a 2. modell hozzáadott értéke figyelhető meg.

RAN esetében szignifikáns Mérés főhatást találtunk a numerikus, $F(1,82) = 170,58$, $p = 1,671 \times 10^{-68}$, $RTE_1 = 0,24$, $RTE_2 = 0,53$, $RTE_3 = 0,75$, és a képalapú tesztben, $F(1,83) = 29,16$, $p = 1,831 \times 10^{-12}$, $RTE_1 = 0,35$, $RTE_2 = 0,53$, $RTE_3 = 0,65$. A Csoport főhatás szintén mindkét feladatnál szignifikáns volt; numerikus RAN: $F(1) = 5,22$, $p = 0,022$, $RTE_{1. \text{modell}} = 0,45$, $RTE_{2. \text{modell}} = 0,57$; képi RAN: $F(1) = 8,36$, $p = 0,004$, $RTE_{1. \text{modell}} = 0,42$, $RTE_{2. \text{modell}} = 0,60$. A képi RAN-t illetően további szignifikáns Csoport \times Mérés interakciót figyeltünk meg (3. ábra), $F(1,83) = 4,51$, $p = 0,013$; 1. modell: $RTE_1 = 0,20$, $RTE_2 = 0,43$, $RTE_3 = 0,62$; 2. modell: $RTE_1 = 0,50$, $RTE_2 = 0,62$, $RTE_3 = 0,69$. A numerikus RAN esetén az interakció nem volt szignifikáns ($p = 0,416$). A képi RAN-ra vonatkozó post hoc kontrasztelemlés alapján a 2. modell tanulóinak megnevezési teljesítménye felülmúlta az 1. modell tanulóinak teljesítményét az 1. méréskor ($T = 4,18$, $p < 0,001$, $RTE = 0,81$) és a 2. méréskor ($T = 2,62$, $p = 0,014$, $RTE = 0,73$), viszont a 3. mérési pontban nem figyeltünk meg szignifikáns különbséget a csoportok között ($p = 0,324$). Az 1. modellt követő osztály szignifikánsan fejlődött az 1. és 2. mérés ($T = 4,39$, $p = 0,0002$, $RTE = 0,80$), valamint a 2. és 3. mérés közötti időszakban ($T = 3,01$, $p = 0,012$, $RTE = 0,73$), ellenben a 2. modell szerint tanuló osztálynál nem tapasztaltunk szignifikáns változást ($p \geq 0,154$). Fontos kiemelni, hogy bár az 1. modellt követő osztály az iskolakezdéskor szignifikánsan alacsonyabban teljesített a 2. modell tanulóinál, a csoport hátránya fokozatosan csökkent. Mivel a második iskolaév végére a két osztály teljesítménye már nem tért el szignifikánsan, a csoportok fejlődési intenzitásának különbözősége feltehetőleg arra vezethető vissza, hogy az 1. modell tanulóinak nagyobb lehetősége volt a fejlődésre a képmegnevezési feladatban.



3. ábra A képi RAN esetén az egyes mérési pontokban becsült relatív tréninghatások (RTE) az emeltszintű zenei osztályokban

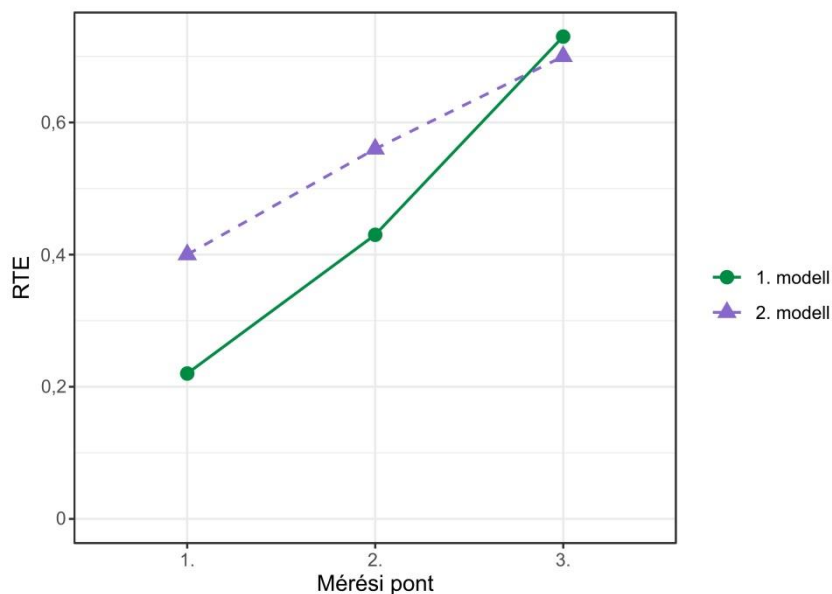
Végrehajtó funkciók

A longitudinális elemzés szignifikáns Mérés főhatást tárt fel a számterjedelem, $F(1,74) = 49,65$, $p = 1,030 \times 10^{-19}$, $RTE_1 = 0,33$, $RTE_2 = 0,51$, $RTE_3 = 0,67$, számlálási terjedelem, $F(1,94) = 13,44$, $p = 2,028 \times 10^{-6}$, $RTE_1 = 0,36$, $RTE_2 = 0,58$, $RTE_3 = 0,56$, és verbális fluencia tesztekben, $F(1,93) = 60,59$, $p = 3,416 \times 10^{-26}$, $RTE_1 = 0,29$, $RTE_2 = 0,56$, $RTE_3 = 0,67$. A Csoport főhatást a verbális fluencia esetén bizonyult szignifikánsnak, $F(1) = 3,97$, $p = 0,046$, $RTE_{1. modell} = 0,44$, $RTE_{2. modell} = 0,57$, a szám- és számlálási terjedelem feladatoknál azonban nem ($p \geq 0,784$). A Csoport \times Mérés interakció egyik teszténél sem volt szignifikáns ($p \geq 0,269$). Az emeltszintű zenei osztályok végrehajtó funkcióinak fejlődése tehát hasonlóan intenzívnek bizonyult.

Intelligencia

Az elemzés során szignifikáns Mérés főhatás jelent meg a verbális IQ, $F(1,80) = 58,81$, $p = 6,253 \times 10^{-24}$, $RTE_1 = 0,31$, $RTE_2 = 0,49$, $RTE_3 = 0,72$, és nonverbális IQ tesztekre vonatkozóan, $F(1,84) = 31,60$, $p = 1,735 \times 10^{-13}$, $RTE_1 = 0,38$, $RTE_2 = 0,47$, $RTE_3 = 0,65$. A Csoport főhatás egyik esetben sem volt szignifikáns ($p \geq 0,115$). A Csoport \times Mérés interakció csak a verbális IQ esetében volt szignifikáns (4. ábra), $F(1,80) = 3,83$, $p = 0,026$; 1. modell: $RTE_1 = 0,22$, $RTE_2 = 0,43$, $RTE_3 = 0,73$; 2. modell: $RTE_1 = 0,40$, $RTE_2 = 0,56$, $RTE_3 = 0,70$, a nonverbális IQ esetében nem ($p \geq 0,052$). A post hoc kontrasztelezés alapján a 2. modell tanulói szignifikánsan nagyobb szókinccsel rendelkeztek az 1. modell tanulóikhoz képest az 1. mérési pontban ($T = 2,46$, $p = 0,020$, $RTE = 0,71$), viszont a 2. és 3. mérésekkor nem volt szignifikáns különbség az osztályok teljesítménye között ($p \geq 0,155$). Az 1. modell szerint tanuló osztály szókinccse szignifikánsan fejlődött az 1. és 2. mérés ($T = 3,22$, $p = 0,009$,

RTE = 0,74), valamint a 2. és 3. mérés között ($T = 5,07$, $p = 0,0001$, RTE = 0,84). A 2. modell szerint tanuló osztály szókincsének fejlődése azonban csak a teljes vizsgálati időszakot tekintve bizonyult szignifikánsnak ($T = 4,30$, $p = 0,0003$, RTE = 0,81), az 1–2. és 2–3. mérések között nem ($p \geq 0,168$). Habár az 2. modellt követő osztály az iskolakezdetkor szignifikánsan jobban teljesített a szókincs feladatban, a második iskolaév végére a két osztály teljesítménye kiegyenlítődt. A 2. modell tanuló valószínűleg azért fejlődtek kevésbé intenzíven, mert szókincsük már a vizsgálat kezdetén igen magasnak bizonyult.

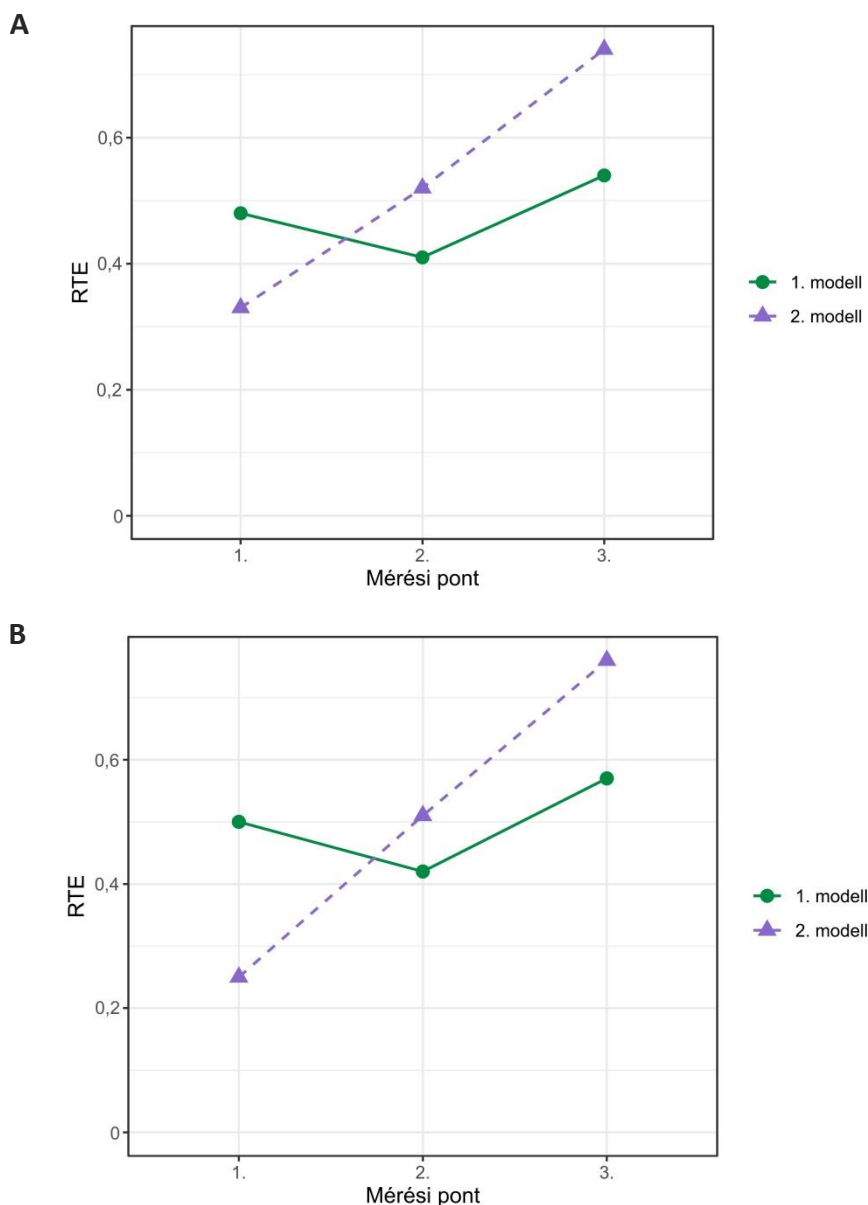


4. ábra A verbális IQ esetén az egyes mérési pontokban becsült relatív tréninghatások (RTE) az emeltszintű zenei osztályokban

Kreativitás

Mindkét kreativitás-mutató esetében szignifikáns Mérés főhatást azonosítottunk, fluencia: $F(1,94) = 8,51$, $p = 0,0002$, RTE₁ = 0,41, RTE₂ = 0,47, RTE₃ = 0,64; originalitás: $F(2) = 15,66$, $p = 1,602 \times 10^{-7}$, RTE₁ = 0,37, RTE₂ = 0,47, RTE₃ = 0,66. Habár a Csoport főhatás egyik mutatójánál sem volt szignifikáns ($p \geq 0,306$), a Csoport \times Mérés interakció szignifikáns eredményt mutatott a fluencia, $F(1,94) = 4,98$, $p = 0,008$; 1. modell: RTE₁ = 0,48, RTE₂ = 0,41, RTE₃ = 0,54; 2. modell: RTE₁ = 0,33, RTE₂ = 0,52, RTE₃ = 0,74, és az originalitás esetében is (5. ábra), $F(2) = 9,40$, $p = 8,347 \times 10^{-5}$; 1. modell: RTE₁ = 0,50, RTE₂ = 0,42, RTE₃ = 0,57; 2. modell: RTE₁ = 0,25, RTE₂ = 0,51, RTE₃ = 0,76. A fluenciamutató kontrasztelemezése során azt találtuk, hogy a 2. modell tanuló szignifikánsan több ötlettel tudtak előállni az 1. modell tanulóhoz képest a 3. mérési pontban ($T = 2,66$, $p = 0,013$, RTE = 0,73), a két osztály kreatív fluenciája azonban az 1. és 2. mérések között nem különbözött szignifikánsan ($p \geq 0,085$). A két osztály fluenciája nem változott jelentős mértékben az 1. és 2. mérés között ($p \geq 0,088$). Ugyanakkor a 2. és 3. mérés közötti időszakban a 2. modell szerint tanuló gyermekek kreatív fluenciája szignifikánsan fejlődött ($T = 2,76$, $p = 0,027$, RTE = 0,74), míg az 1. modell szerint tanuló társaik fluenciája nem mutatott szignifikáns változást ($p = 0,835$). A válaszok

originalitását vizsgálva szintén a 3. mérési pontban figyeltük meg a 2. modell tanulóinak kreativitásbeli előnyét ($T = 2,89$, $p = 0,008$, $RTE = 0,74$), viszont az 1. és 2. mérésekkor a csoportok hasonló teljesítményt nyújtottak ($p \geq 0,253$). A 2. modell szerint tanuló osztály az originalitás tekintetében szignifikánsan fejlődött az 1. és 2. mérés ($T = 3,78$, $p = 0,003$, $RTE = 0,79$), valamint a 2. és 3. mérés között is ($T = 3,27$, $p = 0,008$, $RTE = 0,77$). Az 1. modell szerint tanuló osztály esetén viszont nem tapasztaltunk szignifikáns változást a vizsgált időintervallumban ($p \geq 0,148$). Mindezek alapján elmondhatjuk, hogy míg az 1. modell nem befolyásolta számottevően a gyermekek kreatív gondolkodásának alakulását, a 2. modell nagymértékben elősegítette a tanulók kreativitásának fejlődését az első két iskolaév folyamán.



5. ábra A kreativitás fluenciája (A) és originalitása (B) mentén becsült relatív tréninghatások (RTE) az egyes mérési pontokban, az emeltszintű zenei osztályok esetében

Empátia

Az empátia tesztet illetően szignifikáns Mérés főhatást találtunk, $F(1,92) = 6,79$, $p = 0,001$, $RTE_1 = 0,39$, $RTE_2 = 0,53$, $RTE_3 = 0,58$. A Csoport főhatás és a Csoport \times Mérés interakció nem mutatott szignifikáns eredményt ($p \geq 0,813$). Az empátia fejlődése tehát hasonlóan intenzív ütemben zajlott az emeltszintű zenei osztályokban.

Összegzés

Az aktív zenetanulási modellek hatásainak összevetésére irányuló vizsgálat eredményei arra utaltak, hogy a mozgás eltérő alkalmazása az emeltszintű zenei nevelésben specifikus képességterületek fejlődésmenetét befolyásolhatja megkülönböztető módon. A legtöbb képesség esetében a két emeltszintű ének-zene tagozatos osztály hasonló ütemben és mértékben fejlődött az első két iskolaévben. A második iskolaév végén a 2. modell szerint tanulók szignifikánsan magasabb teljesítményt nyújtottak az olvasásteresztben, mint az 1. modell szerint tanulók. A képek gyors megnevezése és verbális IQ esetén tapasztalt fejlődésbeli eltérés valószínűleg az 1. modell szerint tanuló gyermekek kezdeti, alacsonyabb szintű teljesítményére vezethető vissza, amely nagyobb lehetőséget biztosított a tanulók képességeinek fejlődésére. A kreativitást illetően a 2. modellt követő osztály tanulóinak fejlődésbeli előnye volt megállapítható a második iskolaév végén, amely jelzi az improvizált mozgáselemekkel gazdagított zenepedagógia potenciálját a gyermekkori kreatív gondolkodás fejlesztésében.

Általános megbeszélés

Kutatásunk során a hagyományos, kodályi pedagógiai elveket követő iskolai zenei nevelés mellett az újonnan kidolgozott, mozgásélményen alapuló zenepedagógiai módszerek távoli transzferhatásait vizsgáltuk az első két iskolaévben. Vizsgálatunkba iskolakezdő osztályokat vontunk be, s a tanulók fejlődését a nyelvi és általános intellektuális képességek, végrehajtó funkciók, kreativitás és empátia területén követtük. A zenepedagógiai módszerek hatásait két tanulmányban mértük fel. Az 1. vizsgálatban alapóraszámú ének-zenei tanuló osztályok fejlődését mértük fel, és a hagyományos zenepedagógia és az aktív zenetanulás 1. modelljének hatásait vetettük össze. A 2. vizsgálatban emeltszintű ének-zene tagozatos osztályokat tanulmányoztunk, és a két aktív zenetanulási modell, az irányított és az improvizatív mozgásformákat alkalmazó módszerek hatásait hasonlítottuk össze.

A reál tagozatos, alapóraszámú énekórán résztvevő osztályokat vizsgálva többségében hasonló fejlődésmenetet tapasztaltunk a különböző képességterületeken. Annak ellenére, hogy a két vizsgált osztály eltérő módszerek szerint részesült zenei képzésben, a tanulók a legtöbb vizsgált területen, így az olvasás és gyors megnevezés, a végrehajtó funkciók, a nonverbális IQ, valamint a kreativitás esetében is hasonló ütemben fejlődtek. Nem várt módon az empátia nem változott jelentős mértékben a két iskolaév során. Habár a fonématudatosság és a verbális IQ fejlődése eltérő intenzitással zajlott a két osztályban, második osztály év végére a csoportkülönbségek eltűntek. A reál tagozatos osztályokban megfigyelt eredmények alapján tehát arra következtethetünk, hogy az

alapóraszámú iskolai ének-zenei nevelés keretében a hagyományos zenepedagógia és az aktív zenetanulás 1. modellje nem járul hozzá megkülönböztető módon a nyelvi, általános kognitív és társas képességfejlődéshez az első két iskolaévben.

Az emeltszintű ének-zenei osztályok esetében kevésbé volt jellemző a képességek párhuzamos fejlődése. Az aktív zenetanulás 1. és 2. modellje szerint tanuló osztályok a fonématudatosság, a numerikus RAN, a végrehajtó funkciók és a nonverbális IQ fejlődésében bizonyultak hasonlóknak. A reál tagozatos osztályokkal ellentétben a zenei osztályok az empátia esetében is számottevően fejlődtek a két iskolaév folyamán. Ez alapján elmondható, hogy habár a mozgás eltérő integrálása nem járult hozzá különbözőképpen az empátia fejlődéséhez, a magasabb óraszámú biztosított ének-zenei nevelés nagyobb mértékben segítette elő a kisiskolások társas készségeinek fejlődését. A verbális IQ és a képi RAN fejlődési mintázatában a két zenei osztály jelentős különbséget mutatott. Ezen képességek esetében megfigyelhető, hogy az 1. modellt követő osztály jóval intenzívebben fejlődött a vizsgált időszakban a 2. modell szerint tanuló osztályhoz képest, azonban a csoport kiemelkedő fejlődése feltehetően az iskolakezdekori tapasztalt alacsonyabb szintű teljesítményére vezethető vissza. Az olvasási fluenciát illetően a 2. modell szerint tanulók teljesítménybeli előnye volt látható a második osztály végén. Mivel az olvasási fluencia fejlődését nem követhettük végig a teljes mintán, ezért nem ítéltük meg, hogy valóban a mozgásformák eltérő alkalmazásának tulajdonítható-e az olvasási teljesítmény eltérő alakulása a csoportokban. Az adatok mindössze arra utalnak, hogy második osztály végén az improvizatív mozgásformákkal ötvözött énekórákon résztvevő gyermekek olvasási teljesítménye magasabb szintű volt az irányított mozgáskoreográfiákat alkalmazó énekórák szerint tanuló gyermekekhez képest. A kreativitás esetében viszont arra következtethetünk, hogy a vizsgált két iskolaév során az improvizatív mozgásformákat implementáló módszer hatékonyabban fejlesztette a gyermekek kreatív gondolkodását. Annak ellenére, hogy a 2. modell szerint tanuló osztály a kreativitás fluenciáját és originalitását tekintve is alacsonyabb szintű kezdeti teljesítményt mutatott, erőteljes fejlődésével a második év végére számottevően meghaladta az 1. modellt követő osztály kreativitását. Ez egyúttal azt jelezheti, hogy amennyiben a zenepedagógiai módszer hangsúlyt fektet a mozgással történő improvizációra a zenei tevékenységek során, az jótékony hatással lehet a gyermekek kreatív gondolkodásának fejlődésére. Fontosnak tartjuk kiemelni, hogy a kreativitás esetében az iskolai zenetanulás területáltalános transzferhatását figyelhetjük meg, hiszen az énekórák során a zenei élmények spontán mozgáskoreográfiákkal való kifejezését trenírozták, vizsgálataink azonban a tudatos, kognitív erőforrásokat igénylő kreatív gondolkodást mérték fel. Valószínűsíthető tehát, hogy két év iskolai zenetanulás után a zenei tevékenységekbe ágyazott mozgásimprovizációk kreativitást fejlesztő hatása nem pusztán a zenei modalitásban, hanem már a kreativitás absztrakt, explicit szintjén is megragadhatóvá válik.

Eredményeink alapján összességében megállapíthatjuk, hogy az alkalmazott hagyományos, kodályi elveket követő módszer és aktív zenetanulási modellek hasonló mértékben járultak hozzá az iskolai zenetanulás során célzottan nem trenírozott képességek kisiskoláskori fejlődéséhez. A vizsgált képességterületeken tapasztalt általános fejlődés feltehetőleg a kisiskolás életkornak megfelelő érési folyamatokat (Diamond, 2006) vagy a formális iskolai nevelés hatásaként kialakuló képességfejlődést tükrözte (Ceci & Williams, 1997). Az első két iskolaév során egyik zenepedagógiai módszer sem bizonyult hatékonyabbnak a nem-zenei képességek általános fejlesztésében. Mindez

arra utal, hogy egyik mozgásélményre építő zenepedagógiai modell sem tudta kitüntetetten elősegíteni a területáltalános képességek fejlődését az iskolai környezetben. Az eredmények alapján azonban kirajzolódik, hogy a különböző zenepedagógiai módszerek specifikus képességterületekre fejthetik ki jótékony hatásukat. Ez egybecseng a nemzetközi szakirodalmi adatokat összegző tanulmányok következtetésével, miszerint a gyermekkori zenetanulás távoli transzferhatásai meglehetősen specifikusak (Jaschke, Eggermont, Honing, & Scherder, 2013). A csoportok páros összehasonlítása miatt továbbra is kérdés, hogy vajon a zenetanulás intenzitása és az alkalmazott mozgás jellege pontosan hogyan befolyásolja a területspecifikus képességek fejlődését.

Kutatásunkban a széleskörű transzfer hiánya valószínűleg az osztálytermi zenei nevelés kereteinek tulajdonítható. Az iskolai énekórák az osztályok minden tanulóját bevonva, jellemzően 20–30 fő részvételével zajlanak. Tekintve, hogy a gyermekek hatékonyabban tudják figyelmüket fókuszálni kiscsoportos iskolai foglalkozások során, és a tanárok jobban képesek támogatni az egyéni fejlődést kiscsoportos közegben, ezért az alsóbb évfolyamokon az iskolai nevelés eredményesebb lehet kisebb létszámú csoportokban. Feltételezzük, hogy a nagycsoportban zajló zenei nevelés nem tette lehetővé, hogy már az első két iskolaév folyamán általános és jelentős fejlődés történjen a különböző képességterületeken. Iskolai környezetben alkalmazva az aktív zenetanulási módszerek széleskörű előnyei valószínűleg hosszabb időtávon jelentkeznek.

A hosszútávú iskolai zenetanulás hatásait az egyéni képességek is befolyásolhatják, hiszen a formális nevelés kimenetele nem kizárólag a tanulás feltételeitől, hanem a tanulási és az érési folyamatok interakciójától függ (Galván, 2010). A gyermekek kognitív és társas funkcióinak fejlődési üteme jelentős eltéréseket mutathat, emiatt egyes gyermekek kevesebbet, mások többet profitálhatnak az ének-zene órákból. Az iskolai ének-zene tanulás transzferhatásait a továbbiakban érdemes lenne nem csak csoportszinten, hanem a gyermekek egyéni fejlődésmenete alapján is tanulmányoznunk, amely segíthetne pontosabban megismernünk azokat a személyes és pedagógiai feltételeket, amelyek elengedhetetlenek a távoli transzferhatások kialakulásához kisiskoláskorban.

Az iskolai ének-zenei nevelés távoli transzferhatásait tanulmányozó kutatásunk eredményei összességében tehát arra utalnak, hogy az első két iskolaévben a mozgással kiegészített ének-zene órák specifikus képességterületek fejlődését támogathatják számottevően. A mozgást eltérőképpen integráló zenepedagógiai módszerek alkalmazásával eltérő mintázatokat találtunk egyes nem-zenei képességek fejlődésében, azonban ezek az eltérések jobbára az iskolakezdéskor felmért képességek vagy az általános érési és fejlődési folyamatok ütemének a különbözőségéből adódhattak. Egyedül a kreativitás fejlődésében rajzolódott ki a mozgás potenciális hozzáadott értéke, amely rámutat arra, hogy a szabad mozgásimprovizációknak teret adó, intenzív zenetanulási program az általános kreativitás hatékony fejlesztési eszközéül szolgálhat az első iskolaévekben. Kutatásunk tapasztalatai a mozgáselemekkel kombinált, iskolai zenei nevelési programok távoli transzferhatásainak további vizsgálatára, s egyúttal a motoros funkciók kognitív képességfejlődésben játszott szerepének tisztázására hívják fel a figyelmet.

Irodalom

- Barkóczi, I., & Klein, S. (1968). Gondolatok az alkotóképességről és vizsgálatának problémáiról. *Magyar Pszichológiai Szemle*, 25, 508–515.
- Barkóczi, I., & Pléh, C. (1977). *Kodály zenei nevelési módszereinek hatásvizsgálata*. Kecskemét: Kodály Intézet.
- Bryant, B. K. (1982). An Index of Empathy for Children and Adolescents. *Child Development*, 53(2), 413–425. Retrieved from <https://www.jstor.org/stable/1128984>
- Case, R., Kurland, D. M., & Goldberg, J. (1982). Operational efficiency and the growth of short-term memory span. *Journal Experimental Child Psychology*, 33, 386–404. [https://doi.org/10.1016/0022-0965\(82\)90054-6](https://doi.org/10.1016/0022-0965(82)90054-6)
- Ceci, S. J., & Williams, W. M. (1997). Schooling, intelligence, and income. *American Psychologist*, 52(10), 1051–1058. <https://doi.org/10.1037/0003-066X.52.10.1051>
- Degé, F., & Schwarzer, G. (2011). The effect of a music program on phonological awareness in preschoolers. *Frontiers in Psychology*, 2:124. <https://doi.org/10.1177/002242940505300302>
- Diamond, A. (2000). Close interrelation of motor development and cognitive development and of the cerebellum and prefrontal cortex. *Child Development*, 71(1), 44–56. <https://doi.org/10.1111/1467-8624.00117>
- Diamond, A. (2006). The Early Development of Executive Functions. In E. Bialystok & F. I. M. Craik (Eds.), *Lifespan Cognition: Mechanisms of Change* (pp. 70–95). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/acprof>
- Galván, A. (2010). Neural plasticity of development and learning. *Human Brain Mapping*, 31(6), 879–890. <https://doi.org/10.1002/hbm.21029>
- Gromko, J. E. (2005). The Effect of Music Instruction on Phonemic Awareness in Beginning Readers. *Journal of Research in Music Education*, 53(3), 199–209. <https://doi.org/10.1177/002242940505300302>
- Hallam, S. (2010). The power of music: Its impact on the intellectual, social and personal development of children and young people. *International Journal of Music Education*, 28(3), 269–289. <https://doi.org/10.1177/0255761410370658>
- Jaschke, A. C., Eggermont, L. H. P., Honing, H., & Scherder, E. J. A. (2013). Music education and its effect on intellectual abilities in children: A systematic review. *Reviews in the Neurosciences*, 24(6), 665–675. <https://doi.org/10.1515/revneuro-2013-0023>
- Jaschke, A. C., Honing, H., & Scherder, E. J. A. (2018). Longitudinal Analysis of Music Education on Executive Functions in Primary School Children. *Frontiers in Neuroscience*, 12:103. <https://doi.org/10.3389/fnins.2018.00103>
- Kalliopuska, M., & Ruokonen, I. (1993). A study with a follow-up of the effects of music education on holistic development of empathy. *Perceptual and Motor Skills*, 76, 131–137. <https://doi.org/10.2466/pms.1993.76.1.131>
- Kaviani, H., Mirbaha, H., Pournaseh, M., & Sagan, O. (2014). Can music lessons increase the performance of preschool children in IQ tests? *Cognitive Processing*, 15(1), 77–84. <https://doi.org/10.1007/s10339-013-0574-0>
- Kempert, S., Götz, R., Blatter, K., Tibken, C., Artelt, C., Schneider, W., & Stanat, P. (2016). Training early literacy related skills: To which degree does a musical training contribute to phonological awareness development? *Frontiers in Psychology*, 7:1803. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.01803>
- Kokas, K. (1972). *Képességfejlesztés zenei neveléssel*. Budapest: Zeneműkiadó.
- Konietschke, F., Noguchi, K., & Rubarth, K. (2019). nparcomp: Multiple Comparisons and Simultaneous Confidence Intervals. R package version 3.0. Retrieved from <https://cran.r-project.org/web/packages/nparcomp/index.html>
- Laczó, Z. (1985). The Nonmusical Outcomes of Music Education: Influence on Intelligence? *Bulletin of the Council for Research in Music Education*, 85, 109–118. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/40317947>
- Linnavalli, T., Putkinen, V., Lipsanen, J., Huotilainen, M., & Tervaniemi, M. (2018). Music playschool enhances children's linguistic skills. *Scientific Reports*, 8(1), 1–10. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-27126-5>
- Maróti, E., Barabás, E., Deszpot, G., Farnadi, T., Nemes, L. N., Szirányi, B., & Honbolygó, F. (2019). Does moving

- to the music make you smarter? The relation of sensorimotor entrainment to cognitive, linguistic, musical, and social skills. *Psychology of Music*, 47(5), 663–679. <https://doi.org/10.1177/0305735618778765>
- Mehr, S. A., Schachner, A., Katz, R. C., & Spelke, E. S. (2013). Two randomized trials provide no consistent evidence for nonmusical cognitive benefits of brief preschool music enrichment. *PLoS ONE*, 8(12), 1–12. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0082007>
- Mészáros, A., Kónya, A., & Kas, B. (2011). A verbális fluenciatesztek felvételének és értékelésének módszertana. *Alkalmazott Pszichológia*, 2, 53–76.
- Moreno, S., Bialystok, E., Barac, R., Schellenberg, E. G., Cepeda, N. J., & Chau, T. (2011). Short-Term Music Training Enhances Verbal Intelligence and Executive Function. *Psychological Science*, 22(11), 1425–1433. <https://doi.org/10.1177/0956797611416999.Short-Term>
- Nagyné Réz, I., Lányiné Engelmayer, Á., Kuncz, E., Mészáros, A., & Mlinkó, R. (2008). *Wechsler Gyermekek Intelligenciaskála – Negyedik kiadás*. Budapest: OS-Hungary Ltd.
- Noguchi, K., Latif, M., Thangavelu, K., Konietschke, F., Gel, Y. R., & Brunner, E. (2015). nparLD: Nonparametric Analysis of Longitudinal Data in Factorial Experiments. R package version 2.1. Retrieved from <https://cran.r-project.org/web/packages/nparLD/nparLD.pdf>
- Pásztor, A., Molnár, G., & Csapó, B. (2015). Technology-based assessment of creativity in educational context: The case of divergent thinking and its relation to mathematical achievement. *Thinking Skills and Creativity*, 18, 32–42. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2015.05.004>
- Rautenberg, I. (2015). The effects of musical training on the decoding skills of German-speaking primary school children. *Journal of Research in Reading*, 38(1), 1–17. <https://doi.org/10.1111/jrir.12010>
- Roden, I., Kreutz, G., & Bongard, S. (2012). Effects of a school-based instrumental music program on verbal and visual memory in primary school children: A longitudinal study. *Frontiers in Psychology*, 3:572. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2012.00572>
- Schellenberg, E. G. (2004). Music lessons enhance IQ. *Psychological Science*, 15(8), 511–514. <https://doi.org/10.1111/j.0956-7976.2004.00711.x>
- Torrance, E. P. (1966). *Torrance Tests of Creative Thinking*. Bensenville, IL: Service, IL: Scholastic Testing.
- Tóth, D., Csépe, V., Vaessen, A., & Blomert, L. (2014). *A dislexia differenciáldiagnózisa. Az olvasás és helyesírás kognitív elemzése. Technikai kézikönyv*. Nyíregyháza: Kogentum.
- van der Fels, I. M. J., te Wierike, S. C. M., Hartman, E., Elferink-Gemser, M. T., Smith, J., & Visscher, C. (2015). The relationship between motor skills and cognitive skills in 4-16 year old typically developing children: A systematic review. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 18(6), 697–703. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2014.09.007>
- Wallach, M. A., & Kogan, N. (1965). *Modes of thinking in young children: A study of the creativity-intelligence distinction*. New York: Holt, Rinehart and Winston.
- Wolff, K. I. (1978). The Nonmusical Outcomes of Music Education: A Review of the Literature. *Bulletin of the Council for Research in Music Education*, 55, 1–27. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/40311603>

Honbolygó Ferenc^{1 2} – Nelli Ni²: Aktív zenetanulási módszerek hatása a zenei jellemzők agyi feldolgozására

¹ ELKH Természettudományi Kutatóközpont Agyi Képző Központ

² ELTE Eötvös Loránd Tudományegyetem Pszichológiai Intézet

Bevezetés

Jelen tanulmányban az Aktív zenetanulási modellek közül az 1. modell, azaz a Kreatív énekes-játékok modell hatásmechanizmusait vizsgáltuk az eseményhez kötött agyi potenciálok (EKP) módszerével, két reál tagozatos osztály, egy hagyományos módszer szerint tanuló és az 1. modell szerint tanuló osztály részvételével. A két iskolai éven át zajló longitudinális vizsgálatban arra a kérdésre kerestük a választ, hogy az aktív zenetanulási módszerrel ének-zenét tanuló gyermekek milyen fejlődési eltéréseket mutatnak a hagyományos ének-zenei órákon résztvevő gyermekekhez képest az egyes zenei jellemzők agyi feldolgozásának tekintetében.

A zenei nevelési módszerek hatásvizsgálata kapcsán nyilvánvalóan felmerül az a kérdés, hogy hogyan fejlődnek a tanulók zenei képességei. A zenei képességek gyakorlatban történő vizsgálata általában valamilyen képességfelmérő teszttel történik (ld. pl. Bentley, 1983; Gordon, 1989; Révész, 1946; Seashore, 1919). Ugyanakkor a közelmúltban egyre többen vizsgálták ezen képességek agyi hátterét abból a feltételezésből kiindulva, hogy a zenei tréning modulálja az agy működését, sőt struktúráját (Fujioka, Trainor, Ross, Kakigi, & Pantev, 2004; Koelsch, Schröger, & Tervaniemi, 1999; Pantev, Roberts, Schulz, Engelen, & Ross, 2001; Tervaniemi, Rytkönen, Schröger, Ilmoniemi, & Näätänen, 2001). Ezen eredményeket részletesen „A zenei transzferhatás kognitív és idegtudományi háttere” című fejezetben ismertettük.

Kutatásunkban a zenei jellemzők feldolgozásának vizsgálatát az úgynevezett Eltérési Negativitás (EN) EKP komponens vizsgálatával végeztük el olyan passzív helyzetben, amely nem igényel odafigyelést a vizsgálatban résztvevőktől. Az EN komponens az inger, illetve az ingerekben bekövetkező változás kezdete után 100-250 ms-mal megjelenő fronto-centrálisan negatív, és a posterior agyi területeken polaritás fordulást mutató agyi válasz. Az EN-t első leírása óta (Näätänen, Gaillard, & Mäntysalo, 1978) mind humán, mind állatkísérletekben (Csépe, Karmos, & Molnár, 1987) sokat vizsgálták (Näätänen, 2001; Näätänen, Paavilainen, Rinne, & Alho, 2007). Az EN egyedülálló mérőeszköze a hallási diszkrimináció pontosságának, így valójában a modern képző eljárások sem vehetik fel vele a versenyt, mivel ezek egyike sem kínál ilyen pontos idői felbontást. Ráadásul az EN jelzi a diszkrimináció pontosságát is: minél jobb a megkülönböztetés, annál nagyobb az EN (Lang et al., 1990). Az EN-t az egyszerű vagy komplex hangjellemezők regularitásának elsősorban preattentív jellegű feldolgozását kísérő agyi elektromos komponensnek tekintjük (Winkler, Denham, & Nelken, 2009). Az EN vizsgálatára leggyakrabban az úgynevezett passzív kakukktójás paradigmát alkalmazzák. Ebben egy gyakori (standard) és egy ettől valamilyen ingerdimenzióban eltérő ritka

ingert (deviáns) felváltva mutatnak be, miközben a kísérleti személyek figyelme egy elterelő feladatra irányul, azaz a hallott ingereket figyelmen kívül hagyják.

Az első EN tanulmányokban egyszerű kísérleti elrendezéseket használtak. A passzív kakukktójtás paradigmában az ingerek nagy része standard volt, amelyek folyamatosan ismétlődtek, és ezeket szakította meg időnként egy deviáns inger (körülbelül 20%-os valószínűséggel). A későbbiekben az időhatékonyság érdekében Näätänen és munkatársai (2004) egy új eljárást dolgoztak ki, amelyet többjellemzős (multi-feature) paradigmának neveztek el. Ezzel az eljárással egy felvétel ideje alatt rögzíthető a hallási információk feldolgozásának több jellemzője is (Pakarinen et al., 2013), és segítségével több különböző EN is regisztrálható egy blokk alatt, szemben a klasszikus kakukktójtás paradigmával. A rövidebb idő annak köszönhető, hogy minden standard ingert a deviánsok egyike követi, ugyanakkor az, hogy a deviánsok közül éppen melyik hallható, véletlenszerűen változik. A többjellemzős paradigma azon a feltételezésen alapul, hogy minden hangjellemző kivált egy különálló EN-t, miközben megerősíti a standard ingerrel kapcsolatos memórianyomot azon közös jellemzőkkel kapcsolatban, amelyekben osztoznak a standarddal. A többjellemzős paradigma összehasonlítva a klasszikus kakukktójtás paradigmával nagyon hasonló EN komponenszt vált ki (Näätänen et al., 2004; Pakarinen et al., 2009).

Vuust és munkatársai (2011) kidolgoztak egy többjellemzős paradigmát a zenei ingerek vizsgálatára, amelyben hat zenei jellemzőt mutattak be. A paradigma a zeneészleléshez kapcsolódó speciális hallási jellemzőkre fókuszált, és kifejezetten a zenei alkalmasság tesztelésére készült. Az ingerek bemutatása négy hangból álló ütemekben történt, amelyekben időnként megváltozott a hangnem. Az ingerek eltértek a hangmagasságban, az intenzitásban, a hangszínben, a hangforrás helyében és a ritmusban, és mindegyik változás kiváltotta az EN komponenszt.

Egy hasonló kísérleti eljárást dolgozott ki Huotilainen és munkatársai (2009). Ebben a többjellemzős paradigmában a résztvevők dallamsorokat hallottak, amelyek egy dúr hármashangzatból, és az azt követő öt zenei hangból álltak. A deviáns dallamsorok hat különböző változást tartalmaztak a folyamatosan változó standard hangsorhoz képest: dallam, ritmus, transzpozíció, hangszín, hamis hang, időzítés. Az eredmények szerint a különböző típusú zenei változások mindegyike itt is kiváltotta az EN komponenszt. Ennek az eljárásnak az egyedisége és különbsége az előzőekhez képest abban rejlik, hogy valódi zenei frázisokat mutatnak be a résztvevőknek, és ezáltal az ingerek hallgatása kevésbé unalmas és repetitív.

Tervaniemi, Huotilainen & Brattico (2014), valamint Tervaniemi, Janhunen és munkatársai (2016) ugyanezen paradigma alkalmazásával felnőtt zenészeket és nem-zenészeket hasonlítottak össze az egyes zenei jellemzők által kiváltott EN komponensek tekintetében. A zenészek között az első vizsgálatban klasszikus, jazz és rock zenészek, a második vizsgálatban pedig népzenei zenészek voltak. A kutatók arra voltak kíváncsiak, hogy a zenészek és nem-zenészek közötti különbségen túl van-e eltérés az zenészek között az egyes zenei jellemzők feldolgozási mintázatában. Az eredmények szerint voltak bizonyos különbségek az egyes zenész csoportok között: az EN nagyobb amplitúdóval jelent meg a hamis hang deviáns esetében a klasszikus zenészeknél, mint a többi csoportnál, az időzítés deviáns esetében a klasszikus és jazz zenészeknél, a transzpozícióban a jazz zenészeknél, a dallamban pedig a jazz és rock zenészeknél. A másik vizsgálatban a népzenei zenészek a nem-zenészekhez képest nagyobb agyi választ mutattak a hamis hangokra. Ezek az eredmények azt jelzik, hogy a többjellemzős zenei paradigma kiválóan alkalmas arra, hogy a zenei jellemzők neurális

feldolgozásának nagyon finom feldolgozási eltéréseit kimutassa, s segítségével olyan hallási profilt hozunk létre, melynek alapján részletes elemzést adhatunk a zenei tréningek hatásmechanizmusa kapcsán.

Putkinen és munkatársai (2014) 9–13 éves zenei képzésben részt vevő és részt nem vevő gyermekeket tanulmányoztak ugyanezen eljárással, és azt találták, hogy a zenei jellemzők feldolgozása lassan fejlődik. Kezdetben nem volt különbség a két csoport között, és a zenei jellemzőkben bekövetkező változások mindkét csoport esetében hasonlóan EN komponensre váltottak ki. Ezt követően a zenei képzésben részt nem vevő gyermekek lassú fejlődést mutattak, de a zenei képzésben részt vevők esetében sokkal gyorsabb volt a fejlődés, és 11 illetve 13 éves korukra már az összes zenei jellemző feldolgozását illetően jelentős különbség volt a két csoport között.

Vizsgálati kérdések

Jelen kutatásban tehát a Kreatív énekes-játékok modell szerinti ének-zene oktatásban részt vevő tanulók zenei képességeinek fejlődését vizsgáltuk összehasonlítva a hagyományos módszer szerint tanulók fejlődésével. A kutatásban a fent bemutatott többjellemzős zenei EN paradigmát alkalmaztuk három mérés alkalmával (1. osztály év eleje és vége, 2. osztály év vége), és arra voltunk kíváncsiak, hogy a különböző zenei jellemzők által kiváltott EN komponens milyen változáson megy keresztül a mérések során valamint, hogy milyen specifikus különbségeket mutat a két különböző módszer szerint tanuló gyermekeknél. A zenei többjellemzős paradigma alkalmazása a gyermekkori zenei fejlődés vizsgálatára újszerű kutatási irány, és nagyon kevés adat áll rendelkezésre ezzel kapcsolatban a fent bemutatott Putkinen és munkatársai (2014) által végzett kutatásokon kívül. Mindenesetre az előző eredmények alapján azt vártuk, hogy

- 1) az EN megjelenik minden vizsgált zenei jellemző esetében, azaz a résztvevő tanulók megfelelően képesek feldolgozni a különböző típusú zenei jellemzők változását;
- 2) az EN változik a mérések során, vagyis a résztvevők zenei feldolgozással kapcsolatos agyi folyamatai érést mutatnak;
- 3) az EN eltérő módon változik a két csoport esetében, vagyis a zenei nevelés specifikus módon hat az egyes zenei jellemzők feldolgozására.

Módszerek

Résztvevők

A vizsgálatban 43 tanuló vett részt a Kós Károly Általános Iskola két reál tagozatos osztályából. Mindkét osztály heti két énekórán vett részt, a hagyományos módszer vagy az aktív zenetanulás 1. modellje szerint. Öt résztvevő adatát nem vettük figyelembe az elemzések során a túl sok műtermék, a résztvevő kilépése vagy egyéb technikai problémák miatt, így összességében 38 gyermek adatát használtuk.

Az 1. modell szerint tanuló csoportba (mozgásközpontú osztály) 20 gyermek tartozott (7 lány, átlagos életkor az első méréskor: 6,9 év; a második méréskor: 7,5 év; a harmadik méréskor: 8,5 év). A hagyományos módszer szerint tanuló csoportba (hagyományos osztály) 18 gyermek tartozott (6

lány, átlagos életkor az első méréskor: 6,9 év; második méréskor 7,4 év; a harmadik méréskor 8,4 év). A résztvevők egyikének sem volt hallási zavara vagy bármilyen pszichológiai problémája.

Az első mérés 2016 október-novemberében zajlott, a második 2017 májusában, a harmadik pedig 2018 májusában. A vizsgálatok előtt a gyermekek szóbeli beleegyezésüket adták, a szülőktől pedig írásos beleegyező nyilatkozatot kaptunk. A mérések végén minden résztvevő egy kis ajándékot kapott a vizsgálatban való részvételért. A tanulmányt az Egyesített Pszichológiai Etikai Bizottság hagyta jóvá (EPKEB, referencia szám: 2016/062).

Ingeranyag

A kísérleti paradigma megfelelt a Putkinen és munkatársai (2014) által használt eljárásnak³. A paradigma rövid, előre felvett, zongora hangon megszólaló zenei részletekből állt (n = 360). A zenei szekvenciák egy hármashangzattal kezdődtek, amit egy 50 ms-os szünet követett, majd pedig egy öt hangból álló sorozat volt hallható, amelyek hangmagasságban és időtartamban különböztek egymástól. A dallam eleji akkordok 300 ms hosszúak voltak, ezt követte két 150 ms hosszú hang, majd két 300 ms hosszú hang, végül a dallamsort a tonika zárta, amelynek hossza 525 ms volt. Minden dallam 125 ms-os szünettel ért véget. A dallamok közötti idő intervallum 2,1 s volt. Az 1. táblázat mutatja a különböző feltételeket és a deviánsok leírását. Minden egyes dallamban a standardok és deviánsok hat különböző kombinációját mutattuk be, amelyek alacsony és magas szintű zenei változásoknak feleltek meg. Az alacsony szintű változások nem okozták a dallam megváltozását, a magas szintű változások pedig megváltoztatták a dallamot, de nem okoztak észrevehető disszonanciát ebben, mivel zeneileg plauzibilisek voltak. A Hamis hang, Hangszín és Időzítés deviánst alacsony szintű lokális változásnak tekintettük, amelyek csak az egyes hangokat érintették, de nem okozták a dallam megváltozását. A Dallam, a Ritmus és a Transzpozíció deviánst pedig globálisabb, magas szintű változásnak tekintettük, mivel ezek megváltoztatták a dallamot, de az továbbra is zeneileg plauzibilis maradt.

³ Köszönettel tartozunk a szerzőknek, hogy rendelkezésünkre bocsátották a kísérleti paradigmát.

1. táblázat. A zenei többjellemezős paradigma feltételei

Feltétel	Deviáns leírása
Dallam (80 dallam)	Az egyik hosszú dallamközi hang helyett egy másik, de hangnembe illeszkedő hang hallható.
Hamis hang (72 dallam)	Az egyik hosszú dallamközi hang fél hanggal elmozdul, és ezzel már nem illeszkedik a hangnembe.
Ritmus (72 dallam) – variáció: rövid és hosszú	Változás a hangok ismétlődő mintázatában.
Hangszín (96 dallam)	Az egyik hosszú dallamközi hang egy másik hangszeren szólal meg (zongora helyett fuvola).
Időzítés (100 dallam) – variáció: dallam közepe és vége	Az egyik rövid vagy hosszú dallamközi vagy utolsó hang 100 ms-mal később szólal meg.
Transzpozíció (96 dallam)	A dallam eleji akkord mozgatása fél hanggal fel vagy le.

Eljárás

A résztvevőknek nem volt semmilyen feladata a hallás ingerekkel, ezek lejátszása közben egy filmet néztek hang nélkül. A résztvevők a hangokat fejhallgatón keresztül hallották, a hang intenzitása 75 dB nagyságú volt, az ingerek közötti átlagos idő távolság 1100 ms volt (az ingerek közötti idői távolság véletlenszerűen változott 1000 és 1200 ms között). A kísérlet két másik EEG méréssel együtt zajlott, ezek közül az entrainment kísérlet eredményeit a „A hallási entrainment fejlődésének összehasonlító vizsgálata az 1. modell és a kontroll csoport között” című fejezetben ismertetjük. Felvétel teljes ideje 90 perc volt, a zenei vizsgálat kb. 15 percig tartott.

EEG felvétel és adatelemzés

Az EEG méréséhez egy 64 csatornás erősítő rendszert és aktív elektródákat használtunk (BrainAmp erősítő, ActiCap aktív elektródák, BrainProducts GmbH). Az elasztikus elektródasapkában az elektródák a 10%-os rendszernek megfelelően voltak elhelyezve. Referenciaként az FCz elektróda, földként az Fp1 és Fp2 elektróda közötti elektróda szolgált. A mintavételezési frekvencia 1000 Hz volt, a felvétel során az impedanciát 10 k Ω alatt tartottuk.

Az EEG adatok elő-elemzése során elsőként eltávolítottuk az alacsony és magas frekvenciájú – feltételezhetően nem kortikális eredetű, illetve a vizsgálandó EKP komponens szempontjából lényegtelen – oszcillációkat, illetve az elektromos hálózatból származó zajt egy 1–30 Hz közötti sávszűrő, illetve egy 50 Hz-es lyukszűrő segítségével. A szemmozgási műtermékek kiszűrése érdekében független komponens elemzést végeztünk (Independent Component Analysis, ICA). Az ICA eredményeképpen létrejött komponenseket egyedileg tekintettük át, és azonosítottuk majd eltávolítottuk a szemmozgásoknak és pislogásoknak megfelelő komponenseket a skalpon való téri eloszlás és EEG hullámforma alapján. Ezt követően a maradék ICA komponensek alapján helyreállítottuk az eredeti EEG-t, és a felvételtől referenciát átszámoltuk a masztoid elektródák (TP9, TP10) átlagára, annak érdekében, hogy a frontális EEG hatásokat jobban kiemeljük.

Az adatok feldolgozásának következő szakaszában az online EEG-t az egyes feltételek (standard és deviánsok) szerint szegmentáltuk az inger kezdete előtt 100 ms, és az inger kezdete után 400 ms között. A szegmentált adatokon automatikus műtermékszűrést végeztünk, kiszűrve a

+/- 100 mV-nál nagyobb amplitúdóértéket tartalmazó szegmenseket. Azokat a résztvevőket, akiknél az összes szakasz 30%-ánál több eltávolított szakasz volt, kizártuk a további adatelemzésből (ld. Résztvevők rész). Ezt követően az inger kezdete előtti 100 ms-os szakasz átlagolt aktivitása alapján alapvonal korrekciót végeztünk. Végül feltételenként átlagoltuk a megmaradt szakaszokat.

Statisztikai elemzés

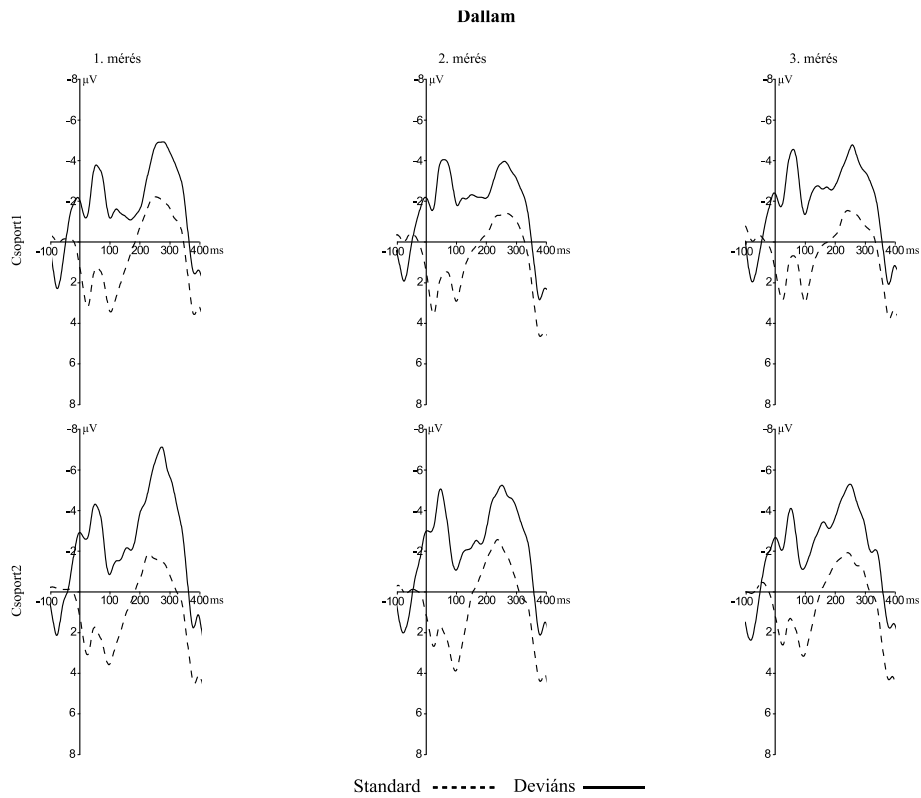
Az EN komponens kvantifikálása érdekében létrehoztunk egy fronto-centrális elektróda csoportot az Fz, Cz, FCz, FC1 és FC2 elektródák aktivitásának átlagolása révén. Mivel az EN komponens az átlagolt különbségi görbék alapján (ld. 1. ábra) 200–300 ms között jelent meg minden feltétel esetében, ezért a fronto-centrális elektróda csoporton az ebben a szakaszban mért átlagos amplitúdó szolgált a statisztikai számítások alapjául.

A kapott eredmények statisztikai elemzését egy ismételt méréses varianciaanalízissel végeztük el. A varianciaanalízis 3 faktort tartalmazott: Mérés (3 mérési pont), Szerep (standard, deviáns) és Csoport (mozgásközpontú osztály és hagyományos osztály). A varianciaanalízist külön végeztük el a 6 feltétel (Dallam, Hamis hang, Ritmus, Hangszín, Időzítés, Transzpozíció) esetében. A statisztikai elemzéshez az SPSS Statistics 26 (IBM) szoftvert használtuk.

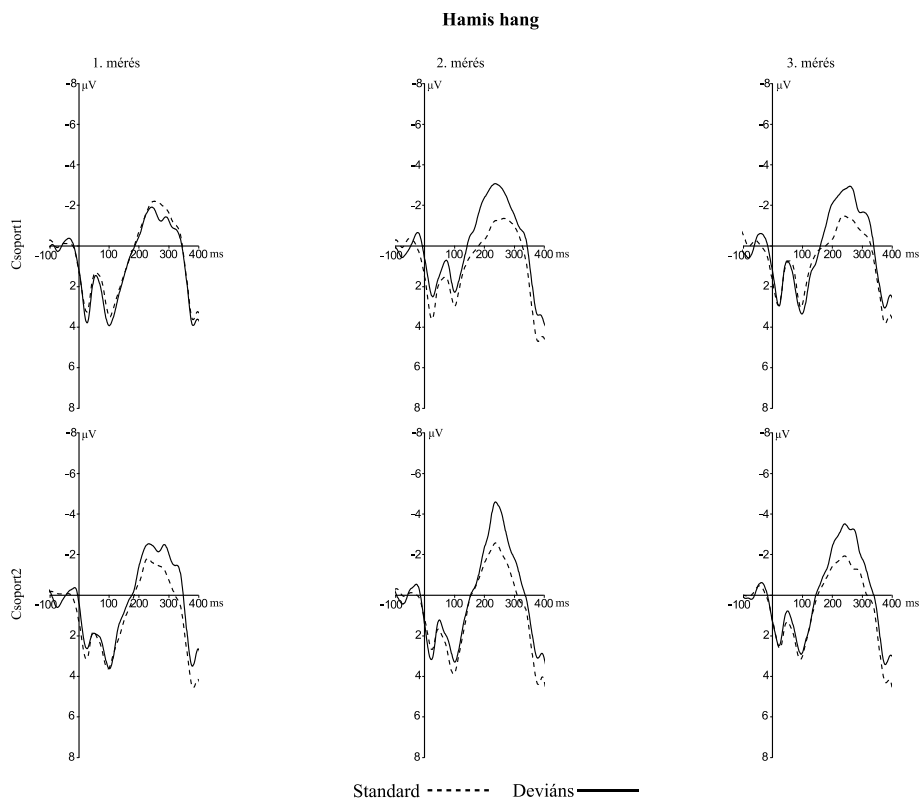
Eredmények

Az EKP görbék vizuális bemutatása

A hat feltételben kapott EKP görbéket az 1–6. ábrák mutatják be. A Csoport1 a mozgásközpontú osztályra, a Csoport2 hagyományos osztályra vonatkozik. Az ábrákon a tréning és kontroll csoport standard és deviáns EKP görbéi láthatók a három mérési pontban. Látható, hogy a deviáns EKP görbék minden feltételben eltérnek többé-kevésbé a standard EKP görbétől.

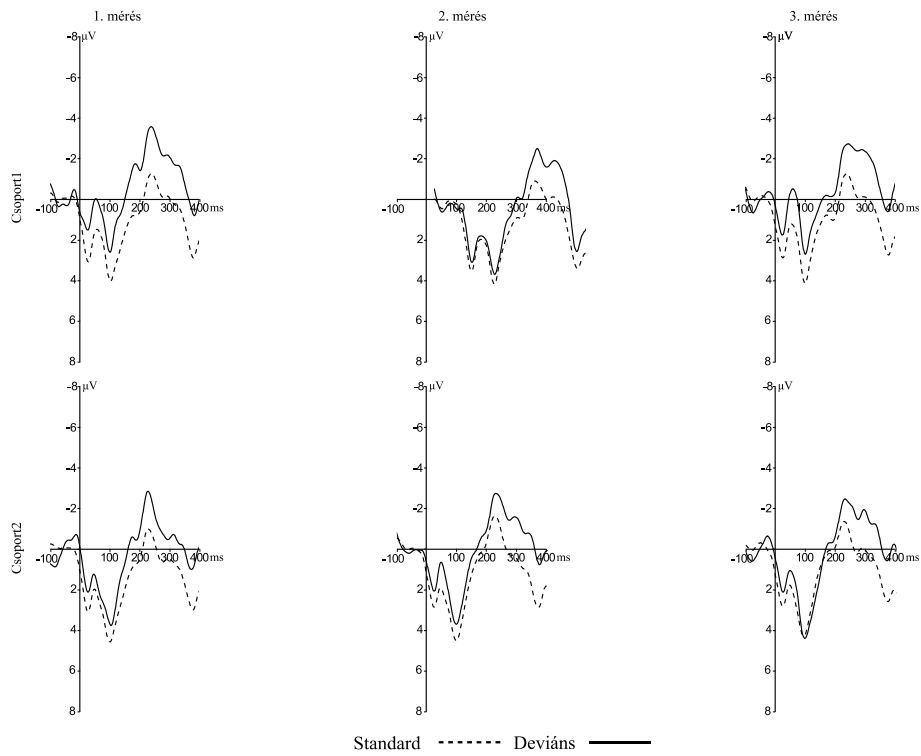


1. ábra A Dallam feltételben kapott standard és deviáns EKP görbék a három mérési pontban a két csoport esetében, az összevont fronto-centrális elektróda csoporton. Itt és a további ábrákon az amplitúdó értékek negatív iránya felfelé mutat



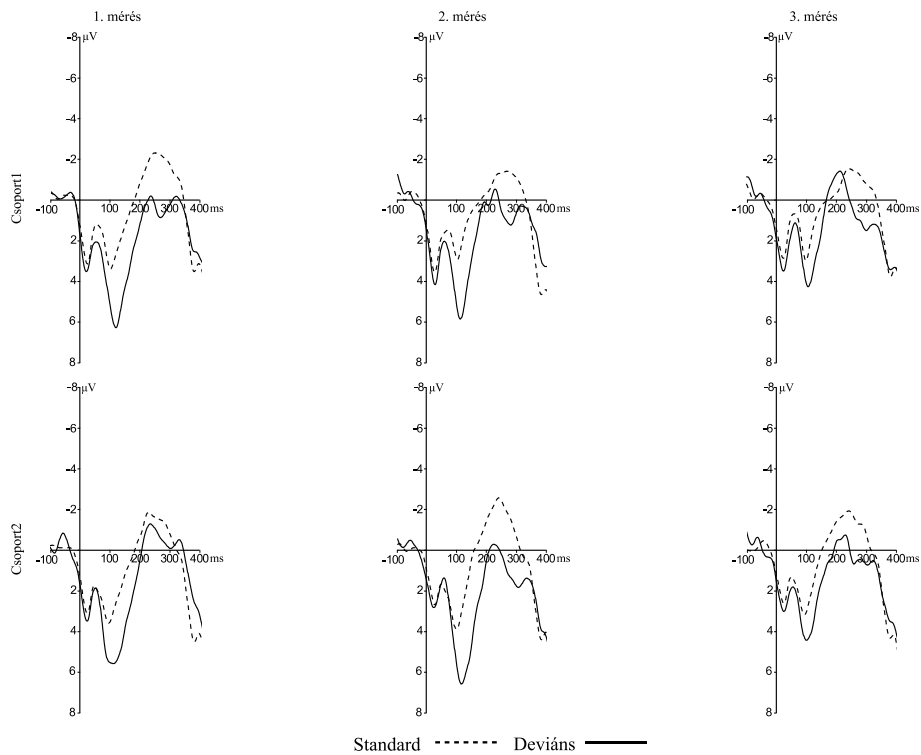
2. ábra A Hamis hang feltételben kapott standard és deviáns EKP görbék a három mérési pontban a két csoport esetében, az összevont fronto-centrális elektróda csoporton

Ritmus



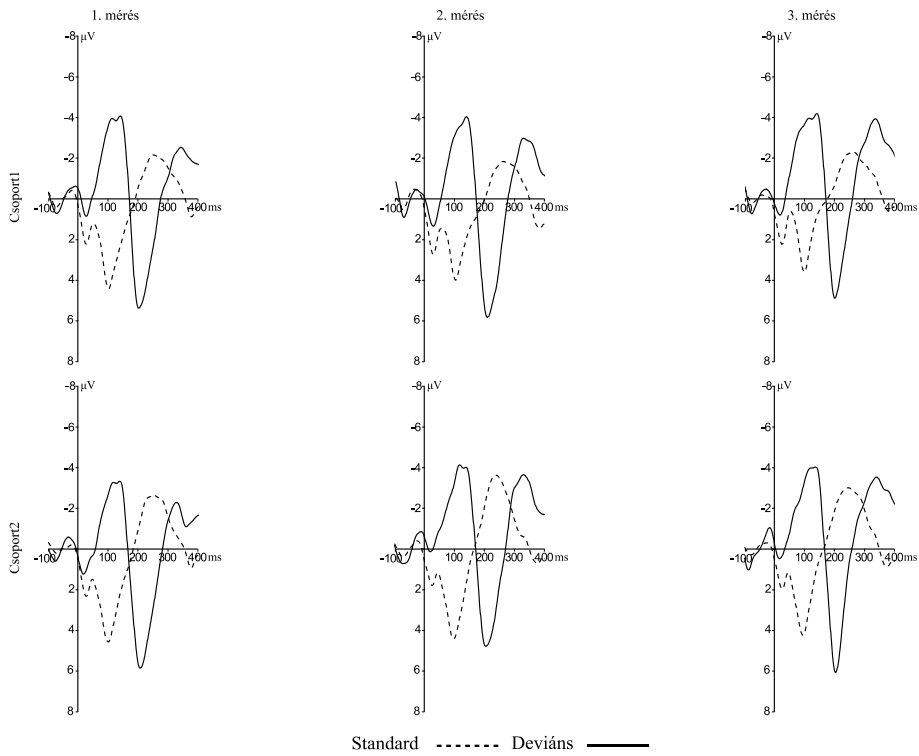
3. ábra A Ritmus feltételben kapott standard és deviáns EKP görbék a három mérési pontban a két csoport esetében, az összevont fronto-centrális elektróda csoporton

Hangzín



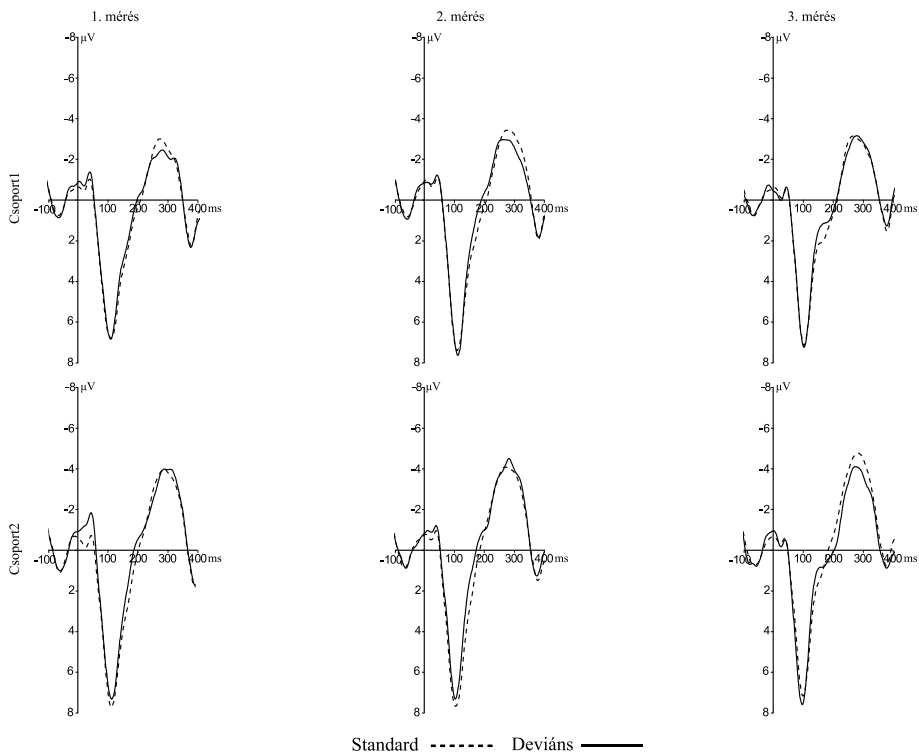
4. ábra A Hangzín feltételben kapott standard és deviáns EKP görbék a három mérési pontban a két csoport esetében, az összevont fronto-centrális elektróda csoporton

Időzítés



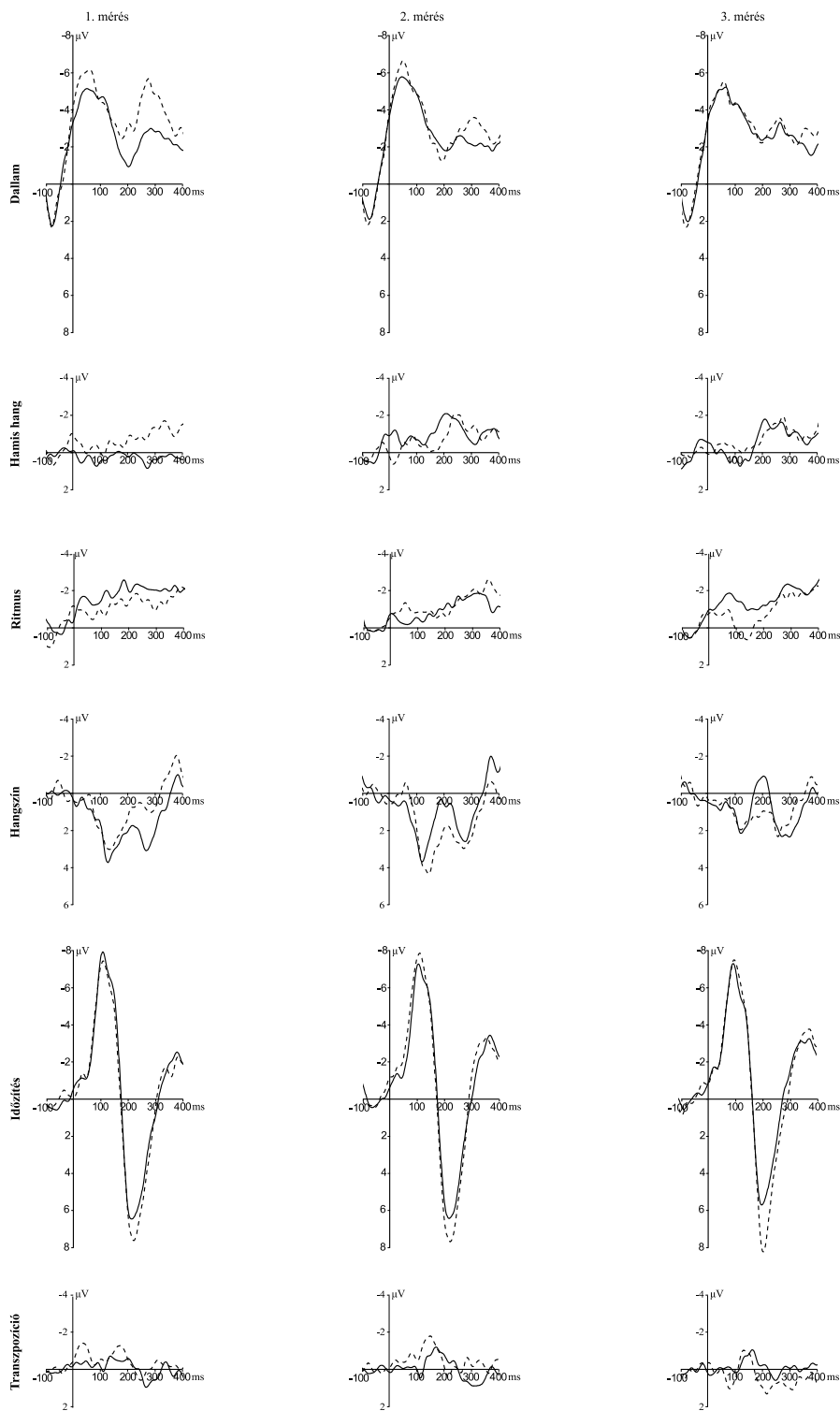
5. ábra Az *Időzítés* feltételben kapott standard és deviáns EKP görbék a három mérési pontban a két csoport esetében, az összevont fronto-centrális elektróda csoporton

Transzpozíció



6. ábra A *Transzpozíció* feltételben kapott standard és deviáns EKP görbék a három mérési pontban a két csoport esetében, az összevont fronto-centrális elektróda csoporton

Az eltérések kiemelése érdekében különbségi görbéket számoltunk a deviáns – standard EKP görbék alapján (ld. 7. ábra). Az ábrán látható, hogy 200–300 ms között megjelenik egy negatív csúcs, amit az EN komponensnek tekintettünk. Az Időzítés feltétel esetében ugyanakkor a különbség pozitív irányú volt, a Transzpozíció esetében pedig ebben az idői ablakban nagyon kis amplitúdójú volt a különbség. Az EN komponens feltételenkénti amplitúdójának nagyságát a 2. táblázat mutatja be.



7. ábra Különbségi görbék a 6 feltételben a három mérési pontban a két csoport esetében, az összevont fronto-centrális elektróda csoporton

2. táblázat. Átlagos EN amplitúdó nagyságok (μV -ban) a három mérési pontban a két csoport esetében (zárójelben a szórás)

Feltétel	1. mérés		2. mérés		3. mérés	
	Csoport1	Csoport2	Csoport1	Csoport2	Csoport1	Csoport2
Dallam	-2,34 (2,7)	-4,3 (2,3)	-2,3 (2,3)	-2,57 (1,9)	-2,82 (2,3)	-2,87 (1,9)
Hamis hang	0,40 (1,8)	-0,88 (1,7)	-1,52 (1,9)	-1,42 (2,4)	-1,24 (2,1)	-1,45 (2,2)
Ritmus	-2,11 (1,4)	-1,46 (1,6)	-1,45 (2,1)	-1,36 (1,7)	-1,77 (2,3)	-1,36 (1,3)
Időzítés	3,97 (2,5)	4,92 (3,3)	3,88 (1,9)	4,46 (2,8)	2,75 (2,2)	3,97 (2,3)
Hangszín	2,24 (3,1)	0,77 (2,8)	1,71 (2,3)	2,47 (3,1)	1,22 (2,3)	1,77 (3,2)
Transzpozíció	0,13 (1,3)	0,09 (1,4)	0,17 (1,9)	0,01 (1,6)	0,37 (1,5)	0,72 (2,3)

Statisztikai eredmények

A statisztikai elemzések eredményeit a 3. táblázat foglalja össze. A kapott eredményeket az egyes feltételek szerint mutatjuk be.

3. táblázat. A statisztikai eredmények összefoglalása

Feltétel	Faktor	Mérés	Mérés × Csoport	Szerep	Szerep × Csoport	Mérés × Szerep	Mérés × Szerep × Csoport	Csoport
Dallam	<i>F</i>	1,56	0,59	138,22	2,41	1,45	1,81	3,63
	Hipotézis df	2	2	1	1	2	2	1
	Hiba df	35	35	36	36	35	35	
	Szig.	0,23	0,56	0,00	0,13	0,25	0,18	0,07
Hamis hang	<i>F</i>	3,81	0,64	19,95	1,03	5,88	1,67	3,74
	Hipotézis df	2	2	1	1	2	2	1
	Hiba df	35	35	36	36	35	35	
	Szig.	0,03	0,53	0,00	0,32	0,01	0,20	0,06
Ritmus	<i>F</i>	0,31	1,52	66,61	0,98	0,58	0,30	1,19
	Hipotézis df	2	2	1	1	2	2	1
	Hiba df	35	35	36	36	35	35	
	Szig.	0,73	0,23	0,00	0,33	0,57	0,74	0,28
Időzítés	<i>F</i>	8,88	5,31	147,02	1,93	3,79	0,35	1,60
	Hipotézis df	2	2	1	1	2	2	1
	Hiba df	35	35	36	36	35	35	
	Szig.	0,00	0,01	0,00	0,17	0,03	0,71	0,21
Hangszín	<i>F</i>	0,64	0,15	24,02	0,01	1,36	1,90	1,03
	Hipotézis df	2	2	1	1	2	2	1
	Hiba df	35	35	36	36	35	35	
	Szig.	0,53	0,86	0,00	0,94	0,27	0,17	0,32
Transzpozíció	<i>F</i>	4,07	0,10	2,38	0,02	0,81	0,22	1,92
	Hipotézis df	2	2	1	1	2	2	1
	Hiba df	35	35	36	36	35	35	
	Szig.	0,03	0,90	0,13	0,88	0,45	0,81	0,18

Transzpozíció

Az ismételt méréses varianciaanalízis eredménye szerint csak a Mérés főhatás volt szignifikáns, $F(2, 35) = 4,07$, $p < 0,05$, $\eta_p^2 = 0,19$. A standard és deviáns ingerek különbsége sehol sem volt szignifikáns, azaz ebben a feltételben a vizsgált idői tartományban az MMN nem jelezte a két inger megkülönböztetését.

Dallam

Ebben a feltételben egy szignifikáns Szerep főhatást, $F(1, 36) = 138,22$, $p < 0,001$, $\eta_p^2 = 0,79$, és egy tendencia szinten szignifikáns Csoport főhatást, $F(1, 36) = 35,06$, $p = 0,065$, $\eta_p^2 = 0,09$ találtunk.

Hamis hang

A statisztikai elemzés eredménye szerint ebben a feltételben szignifikáns volt a Mérés főhatás, $F(2, 35) = 3,81$, $p < 0,05$, $\eta_p^2 = 0,18$, és a Szerep főhatás, $F(1, 36) = 19,95$, $p < 0,001$, $\eta_p^2 = 0,36$, valamint tendencia szinten szignifikáns volt a Csoport főhatás, $F(1, 36) = 3,74$, $p = 0,06$, $\eta_p^2 = 0,09$. Szignifikáns Mérés \times Szerep interakciót találtunk, $F(2, 35) = 5,88$, $p < 0,01$, $\eta_p^2 = 0,25$.

Ritmus

Ebben a feltételben csak a Szerep főhatás volt szignifikáns, $F(1, 36) = 66,61$, $p < 0,01$, $\eta_p^2 = 0,65$.

Időzítés

A statisztikai elemzés eredményei szerint szignifikáns volt a Szerep főhatás, $F(1, 36) = 147,02$, $p < 0,001$, $\eta_p^2 = 0,80$, valamint a Mérés főhatás, $F(2, 35) = 8,88$, $p < 0,001$, $\eta_p^2 = 0,34$. Szignifikáns volt továbbá a Mérés \times Csoport interakció, $F(2, 35) = 5,31$, $p < 0,01$, $\eta_p^2 = 0,23$, és a Mérés \times Szerep interakció, $F(2, 35) = 3,79$, $p < 0,05$, $\eta_p^2 = 0,18$.

Hangszín

Ebben a feltételben szignifikáns Szerep hatást találtunk, $F(1, 36)$, $p < 0,001$, $\eta_p^2 = 0,4$.

Megbeszélés

Jelen tanulmányban a Kreatív énekes-játékok modell hatásait vizsgáltuk a zenei észlelési képességekre vonatkozóan, amelyeket a többjellemzős zenei EN paradigmával mértünk. A vizsgálatban résztvevő két csoport teljesítményét két éven és három mérési ponton keresztül követtük. Az alábbiakban először összefoglaljuk, és interpretáljuk a statisztikai eredményeket, majd pedig egy általános megbeszélés keretében megvitatjuk a vizsgálat eredményeit.

A statisztikai eredmények interpretációja

A kapott eredmények szerint a vizsgált zenei jellemzők mindegyike kiváltotta az EN komponens, azaz a résztvevők mindegyik zenei jellemzőben bekövetkező változást észlelték, kivéve a Transzpozíció feltételt. Ezt a statisztikai eredményekben a Szerep főhatás jelezte. Ugyanakkor az egyes jellemzők eltérő EKP hullámokat váltottak ki, és az EN nagysága illetve iránya is eltért az egyes feltételek között. Ezen eredmények alátámasztják a többjellemzős zenei paradigma használhatóságát a zenei képességek vizsgálatára. A Transzpozíció feltételben az EN hiánya feltűnő, mivel az előző vizsgálatokban ugyanezzel a paradigmával találtak EN-t, igaz ez nem mutatott változást az életkorral és a tréninggel (Putkinen et al., 2014). A Transzpozíció feltétel EKP különbségi görbéit vizsgálva feltűnhet, hogy ott a negatív EKP csúcs 100–200 ms között jelentkezik. Mivel az elemzések során minden feltételben ugyanazt az idői ablakot vizsgáltuk (200–300 ms), lehetséges, hogy a Transzpozíció feltételben is találtunk volna szignifikáns EN-t az idői ablak módosításával. A Transzpozíció feltétel esetében találtunk még egy Mérés főhatást is, ami azt jelenti, hogy ugyan a mért idői ablakban nem tudtuk kimutatni az EN-t, az itt mért EKP amplitúdó nagysága változott (növekedett) az idővel, azaz kimutatható volt egy általános érési hatás.

A vizsgálat további eredménye volt, hogy a Dallam és Hamis hang feltételekben egy általános különbséget kaptunk a két csoport között, amit a Csoport főhatás jelzett. Az általános különbség azt jelenti, hogy itt a többi tényezőtől függetlenül a két csoport között eleve létező különbségről van szó, ami nem változott a mérési pontok során. Mivel a vizsgálatban résztvevő gyerekek kiválasztása és csoportba sorolása eleve adott volt, és nem véletlenszerűen történt, az ilyen jellegű általános csoportok közötti különbségek nem voltak kontrollálhatók.

Az EKP hatások további elemzése azt mutatta, hogy csak bizonyos zenei jellemzőkben volt látható fejlődés a három mérési pont során: ezek a Hamis hang és az Időzítés, amelyekben az EN komponens amplitúdója, azaz a standard és deviáns ingerek diszkriminációja javult a mérések során. Ezt az eredményt a Mérés × Szerep interakciók jelzik.

A két csoport között a mérési pontok függvényében csak az Időzítés feltételben találtunk különbséget, amit a Mérés × Csoport interakció mutat. Eszerint a mozgásközpontú osztály tanulóinál a zenei ingerek idői jellemzőinek feldolgozásában történt fejlődés. Ugyanakkor itt nem specifikusan az EN komponensben, hanem az Időzítés feltételben a standard és deviáns ingerek összességében találtunk különbséget, ami úgy értelmezhető, hogy nem az idői különbségek, hanem az idői jellemzők általános feldolgozása változott.

A kapott eredmények azt mutatják, hogy az aktív zenetanulás 1. modellje nem vezetett specifikus tréning hatáshoz, mivel a két csoport teljesítményében nem következett be olyan jellegű

változás, ami az idő előrehaladtával a mozgásközpontú osztály tanulóinak jobb teljesítményét mutatta volna. Ezt a hatást statisztikailag a Szerep × Mérés × Csoport interakció jelezte volna, de ez egyik feltételben sem volt szignifikáns.

Általános megbeszélés

Vizsgálatunk legfontosabb eredménye, hogy a transzpozíció kivételével minden zenei jellemző kiváltotta az EN EKP komponenst, alátámasztva a zenei többjellemezős paradigma hatékonyságát a gyermekek különböző típusú zenei jellemzőkkel kapcsolatos neurokognitív profiljának tanulmányozásában. Ez az eredmény amiatt jelentős, mert ezt a típusú folyamatosan változó standard ingereket tartalmazó paradigmát még csak néhány tanulmányban használták (Huotilainen et al., 2009; Tervaniemi et al., 2014, 2016), a gyermekkori fejlődés vizsgálata kapcsán pedig alig vannak eredmények (Putkinen et al., 2014).

A paradigmában vizsgált zenei jellemzők alacsony és magas szintű változásokra oszthatók: az alacsony szintű, lokális változások, mint a Hamis hang, Időzítés és Hangszín, csak az egyes hangokat érintették, de nem okozták a dallam megváltozását, a magas szintű változások, mint a Transzpozíció, Dallam és Ritmus, globálisabb jellemzők voltak, amelyek megváltoztatták a dallamot, de az továbbra is zeneileg plauzibilis maradt. Összességében az eredmények azt mutatták, hogy több statisztikailag szignifikáns hatás volt jelen az alacsony szintű zenei jellemzők esetében szemben a magas szintű zenei jellemzőkkel. Hasonló eredményre jutott Van Zuijen és munkatársai (2005) egy profi zenészeket és zeneileg nem képzett felnőtteket vizsgáló EN kísérletben, amelyben egy hangsor idői jellemzőit, illetve a dallamot alkotó hangok számát variálták. Az találták, hogy a nem képzett felnőttek a zenészekhez hasonlóan dolgozták fel az idői jellemzőt, de a zenészek esetében a dallam változása nagyobb EN-t váltott ki. A hasonló zenei többjellemezős paradigmát alkalmazó kísérletekben (Huotilainen et al., 2009; Putkinen et al., 2014; Tervaniemi et al., 2014, 2016) nem kaptak ilyen jellegű eltérést a szerzők, azaz minden zenei jellemző esetében ki tudták mutatni az EN komponenst.

A korábbi vizsgálatokban felnőttek részvételével kapott eredményekhez képest tehát saját vizsgálatunkban eltéréseket találtunk. Ez arra utal, hogy a zenei jellemzők feldolgozásában jelentős érési folyamatok mennek végbe. Saját vizsgálatunkban a résztvevő gyermekek 7–9 éves kora közötti érési folyamatot tanulmányozva azt kaptuk, hogy két alacsony szintű jellemző, a Hamis hang és az Időzítés esetében volt kimutatható az EN komponens változása, azaz a jellemzőkkel kapcsolatos diszkriminációs képességek fejlődése. Putkinen és munkatársai (2014) 9–13 éves gyermekeket tanulmányoztak ugyanezen kísérlettel, és azt találták, hogy a zenei jellemzők feldolgozása lassan fejlődik. Kísérletükben zenei képzésben részt vevő és részt nem vevő gyermekek vizsgálatával azt kapták, hogy 9 éves korban még nem volt különbség a csoportok között, és mindkét csoport esetében hasonlóan kis EN hatások voltak kimutathatók. A zenei képzésben részt nem vevő csoport esetében a következő 4 évben nagyon lassú fejlődés volt kimutatható. Ugyanakkor a zenei képzésben részt vevő csoport sokkal gyorsabb ütemben fejlődött, és 11, illetve 13 éves korukra a kísérleti csoport már jelentősen eltért a zenei jellemzők diszkriminációjában a kontroll csoporttól. A fejlődés dinamikájának vizsgálata azt mutatta, hogy 11 éves korukban a két csoport a Hangszín, Hamis hang és Ritmus jellemzőkben tért el egymástól, és csak 13 éves korukban mutattak eltérést a

Dallam jellemzőiben is. Korábbi vizsgálatok ugyanakkor jóval korábban és sokkal nagyobb ütemű fejlődést mutattak ki a zenei jellemzők észlelése kapcsán. Fujioka és munkatársai (2006) például 6 éves gyermekek esetében már 6 hónappal Suzuki módszerrel történő hegedű tanulás után jelentős növekedést találtak a hangszer hangjára adott mágneses agyi válaszokban. Shahin és munkatársai (2004) 4 és 5 éves korban, egy évnél hosszabb zenei tanulás után hasonlították össze a zenét tanuló és zenét nem tanuló gyermekeket, és jelentősen nagyobb korai hallási kiváltott válaszokat kaptak a zenét tanuló csoport esetében. Ezen eredmények arra utalnak, hogy az általunk is használt zenei többjellemezős paradigma meglehetősen nehéz, és komolyan igénybe veszi a vizsgált jellemzőket feldolgozó neurális rendszereket. A vizsgálatunkban kapott fejlődési hatások hiánya tehát részben ezzel magyarázható, és várhatóan a későbbiek során a többi jellemzőben is találtunk volna változásokat.

Mindezen eredmények azt is mutatják, hogy az intenzív zenei tréningek hatásosak a zenei jellemzők neurokognitív hátterének fejlődését illetően, bár ahogy láttuk, ez főként a későbbi életkorokban jelenik meg. Vizsgálatunk elsődleges célja az aktív zenei tanulás módszerrel ének-zenét tanuló gyermekeknek a zenei képzés hatásainak kimutatása volt, azaz elsősorban a mozgásközpontú osztály és hagyományos osztály közötti különbségeket szerettük volna feltárni. Ahogy az eredményeink mutatták, nem találtunk egyértelmű bizonyítékot arra vonatkozóan, hogy a két csoport eltért volna egymástól a tréning előrehaladtával. Az egyetlen csoportkülönbségekre utaló eredmény az időzítés feltételben talált Mérés × Csoport interakció volt, ami azt mutatja, hogy az idői jellemzők általános feldolgozása javult a mozgásközpontú osztály esetében.

Az idői jellemzőkkel kapcsolatos specifikus tréning hatás összecseng azzal az elképzeléssel, hogy a zenei tréning során a hallási entrainment képesség is fejlődik, és ez hatással van az akusztikus információk időbeli feldolgozására (ld. „A zenei transzferhatás kognitív és idegtudományi háttere” című fejezetben). Fontos kiemelni, hogy az időbeli feldolgozás fejlődése nem érintette a ritmikai jellemzők fejlődését, hiszen a Ritmus jellemzőben nem találtunk hasonló változásokat. A hallási entrainment fejlődése kapcsán Tierney és Kraus (2014) PATH (Precise Auditory Timing Hypothesis, pontos hallási időzítés elmélete) modellje pontosan azzal a feltételezéssel él, hogy a zenei tréning során az időtartam feldolgozása javul, és ez hatással van mind a zenei-, mind a beszédhangok idői jellemzőinek feldolgozására. Jelen vizsgálatban éppen ezt a hatást találtuk, igaz csak a zenei jellemzők feldolgozása kapcsán. Érdekes összevetni az EN komponensben talált tréninghatást a hallási entrainmentet közvetlenül vizsgáló kísérlet eredményével (ld. „A hallási entrainment fejlődésének összehasonlító vizsgálata az 1. modell és a kontroll csoport között” című fejezet). Ebben a tanulmányban azt találtuk, hogy a tréning csoport nem tért el a kontroll csoporttól a hallási entrainment agyi mutatóiban. Az eredmények szerint a hallási entrainmenthez kapcsolódó metrikus érzet korábban kifejlődik, mint a mozgást előkészítő hallási folyamatok és a hallási és motoros területek interakciója. Lehetséges, hogy az EN komponensben általunk talált csoportkülönbség egy nagyon korai változást ragad meg az idői jellemzők feldolgozásával kapcsolatban, amely alapjául szolgálhat a későbbi szenzomotoros szinkronizációs folyamatoknak, de ez a vizsgálat időszakban még nem jelenik meg.

Mivel magyarázható a csoportok közötti különbség hiánya? Több tényező is felmerülhet ennek kapcsán: egyrészt feltételezhető, hogy a zenei nevelési program túl rövid volt ahhoz, hogy mérhető változásokat okozzon. Ez összefüggésben állhat azzal is, hogy a zenei képességek fejlődése későbbi

időpontban mutatható ki megbízhatóan (Asztalos, 2016). Emiatt kifejezetten sajnálatos, hogy a 3. osztály év végi vizsgálatokat nem tudtuk elvégezni a világvjárvány miatt, mivel ebben a korban Asztalos (2016) vizsgálata szerint már jelentős eltérés mérhető az 1-2. osztályos zenei teljesítményhez képest. Másrészt az alkalmazott tréning módszer intenzitása alacsony volt (az iskolai ének-zene órákhoz igazodva heti két alkalom), és ez az alacsony intenzitás is vezethetett a speciális tréning hatás és a transzfer hatás hiányához. Harmadrészt, az elmúlt években több meta-elemzés is megkérdőjelezte a zenei tréning hatását a kognitív képességekre és iskolai teljesítményre (Sala & Gobet, 2017), ami arra utal, hogy míg egyes tanulmányokban kimutatható a zenei tréning transzfer hatása, általánosságban erre nincs meggyőző bizonyíték. Jelen kutatás azon tanulmányok sorát bővíti, amelyekben kimutatható gyenge mértékű tréning hatás, de ez főként a zenei képességekkel kapcsolatos, és nem szolgál bizonyítékkal a transzferhatást illetően. Ugyanakkor tekintetbe véve a tréning alacsony intenzitását és a normál iskolai oktatási környezetbe való illeszkedésből fakadó hátrányait, az általunk talált eredmények mégis fontosnak tekinthetők.

Irodalom

- Asztalos, K. (2016). *A zenei észlelési képesség szerkezete és fejlődése 5-17 éves korban – online diagnosztikus mérések óvodai és iskolai környezetben*. Szegedi Tudományegyetem.
- Bentley, A. (1983). *Musikalische Begabung bei Kindern und ihre Messbarkeit*. Berlin: Verlag Moritz Diesterweg.
- Csépe, V., Karmos, G., & Molnár, M. (1987). Evoked potential correlates of stimulus deviance during wakefulness and sleep in cat - animal model of mismatch negativity. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 66(6), 571–578. [https://doi.org/10.1016/0013-4694\(87\)90103-9](https://doi.org/10.1016/0013-4694(87)90103-9)
- Fujioka, T., Ross, B., Kakigi, R., Pantev, C., & Trainor, L. J. (2006). One year of musical training affects development of auditory cortical-evoked fields in young children. *Brain*, 129(10), 2593–2608.
- Fujioka, T., Trainor, L. J., Ross, B., Kakigi, R., & Pantev, C. (2004). Musical training enhances automatic encoding of melodic contour and interval structure. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 16(6), 1010–1021.
- Gordon, E. (1989). *Advanced measures of music audiation*. Gia Publications.
- Huotilainen, M., Putkinen, V., & Tervaniemi, M. (2009). Brain research reveals automatic musical memory functions in children. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1169, 178–181. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2009.04857.x>
- Koelsch, S., Schröger, E., & Tervaniemi, M. (1999). Superior pre-attentive auditory processing in musicians. *Neuroreport*, 10(6), 1309–1313.
- Lang, H., Nyrke, T., Ek, M., Aaltonen, O., Raimo, I., & Näätänen, R. (1990). Pitch discrimination performance and auditory event-related potentials. *Psychophysiological Brain Research*, 1, 294–298.
- Näätänen, R. (2001). The perception of speech sounds by the human brain as reflected by the mismatch negativity MMN and its magnetic equivalent MMNm. *Psychophysiology*, 38(01), 1–21. <https://doi.org/10.1111/1469-8986.3810001>
- Näätänen, R., Gaillard, A. W., & Mäntysalo, S. (1978). Early selective-attention effect on evoked potential reinterpreted. *Acta Psychologica*, 42(4), 313–329.
- 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(12), 2544–2590. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2007.04.026>
- Näätänen, R., Pakarinen, S., Rinne, T., & Takegata, R. (2004). The mismatch negativity (MMN): Towards the optimal paradigm. *Clinical Neurophysiology*, 115(1), 140–144. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2003.04.001>
- Pakarinen, S., Lovio, R., Huotilainen, M., Alku, P., Näätänen, R., & Kujala, T. (2009). Fast multi-feature paradigm for recording several mismatch negativities (MMNs) to phonetic and acoustic changes in

- speech sounds. *Biol Psychol*, 82(3), 219–226. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2009.07.008>
- Pakarinen, S., Teinonen, T., Shestakova, A., Kwon, M. S., Kujala, T., Hämäläinen, H., Näätänen, R., & Huotilainen, M. (2013). Fast parametric evaluation of central speech-sound processing with mismatch negativity (MMN). *International Journal of Psychophysiology*, 87(1), 103–110. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2012.11.010>
- Pantev, C., Roberts, L. E., Schulz, M., Engelien, A., & Ross, B. (2001). Timbre-specific enhancement of auditory cortical representations in musicians. *Neuroreport*, 12(1), 1–6.
- Putkinen, V., Tervaniemi, M., Saarikivi, K., de Vent, N., & Huotilainen, M. (2014). Investigating the effects of musical training on functional brain development with a novel Melodic MMN paradigm. *Neurobiology of Learning and Memory*, 110, 8–15. <https://doi.org/10.1016/j.nlm.2014.01.007>
- Révész, G. (1946). *Einführung in die Musikpsychologie*.
- Sala, G., & Gobet, F. (2017). When the music's over. Does music skill transfer to children's and young adolescents' cognitive and academic skills? A meta-analysis. *Educational Research Review*, 20, 55–67. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2016.11.005>
- Seashore, C. E. (1919). *The psychology of musical talent*. Boston: Silver, Burdett [c1919].
- Shahin, A., Roberts, L. E., & Trainor, L. J. (2004). Enhancement of auditory cortical development by musical experience in children. *Neuroreport*, 15(12), 1917–1921.
- Tervaniemi, M., Huotilainen, M., & Brattico, E. (2014). Melodic multi-feature paradigm reveals auditory profiles in music-sound encoding. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8(July), 1–10. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00496>
- Tervaniemi, M., Janhunen, L., Kruck, S., Putkinen, V., & Huotilainen, M. (2016). Auditory profiles of classical, jazz, and rock musicians: Genre-specific sensitivity to musical sound features. *Frontiers in Psychology*, 6(JAN), 1–11. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.01900>
- Tervaniemi, M., Rytönen, M., Schröger, E., Ilmoniemi, R. J., & Näätänen, R. (2001). Superior formation of cortical memory traces for melodic patterns in musicians. *Learning & Memory*, 8(5), 295–300.
- Tierney, A., & Kraus, N. (2014). Auditory-motor entrainment and phonological skills: Precise auditory timing hypothesis (PATH). *Frontiers in Human Neuroscience*, 8(NOV), 1–9. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00949>
- van Zuijen, T. L., Sussman, E., Winkler, I., Näätänen, R., & Tervaniemi, M. (2005). Auditory organization of sound sequences by a temporal or numerical regularity--a mismatch negativity study comparing musicians and non-musicians. *Brain Research. Cognitive Brain Research*, 23(2–3), 270–276. <https://doi.org/10.1016/j.cogbrainres.2004.10.007>
- Vuust, P., Brattico, E., Glerean, E., Seppänen, M., Pakarinen, S., Tervaniemi, M., & Näätänen, R. (2011). New fast mismatch negativity paradigm for determining the neural prerequisites for musical ability. *Cortex*, 47(9), 1091–1098. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2011.04.026>
- Winkler, I., Denham, S. L., & Nelken, I. (2009). Modeling the auditory scene: predictive regularity representations and perceptual objects. *Trends in Cognitive Sciences*, 13(12), 532–540. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2009.09.003>

Maróti Emese*: A hallási entrainment fejlődésének összehasonlító vizsgálata az 1. modell és a kontroll csoport között

**ELKH Természettudományi Kutatóközpont Agyi Képző Központ*

Bevezető

Amikor zenét hallunk, ösztönösen akarunk rá mozogni. Habár ez természetesnek és könnyűnek tűnik, a háttérben összetett idegrendszeri folyamatok állnak, melyek a hallási entrainment jelenségével írhatók le. A hallási entrainment, magyarul hallási csatolódás azt a jelenséget jelöli, melynek során agyhullámaink szinkronizálódnak egy külső hanginger ritmusához (Fujioka, Trainor, Large & Ross, 2012; Tierney & Kraus, 2013). Az agyunk folyamatosan generál elektromos rezgéseket, másnéven oszcillációkat, melyek különböző idegrendszeri folyamatokban vesznek részt (Buzsáki & Draguhn, 2004; MacKay, 1997; Ward, 2003). Az egyes idegrendszeri folyamatokhoz meghatározott frekvenciájú oszcillációk köthetők. Amikor figyelmünk egy ritmikus hangingerre irányul, az agyi oszcillációk ritmusa módosul és ráhangolódik az inger ritmusára. A zene esetében ez a folyamat a zene időbeli követésében nyilvánul meg a legerősebben. A zene egyik fő komponense a lüktetés, mely a zenei folyamat egyenlő időbeli egységekre bomlásának érzete. A lüktetés tipikusan valamilyen hangsúly mintázattal jár, ami szabályos egységekbe rendezi a zenei folyamatot. Ezt nevezzük metrumnak. A metrum jellemzője, hogy hangsúlyos és hangsúlytalan ütésekkel áll. Az első ütés mindig a leghangsúlyosabb. A metrumok aszerint különböznek, hogy az első, hangsúlyos ütéset hány ütés követi. Például, az induló esetében ez 1+3, a keringő esetében 1+2. A hallási entrainment során az agy a lüktetést illetve a metrumot vonja ki a zenéből és ehhez szinkronizálódik (Large & Kolen, 1994). Konkrétabban, az agy hallási és motoros területeinek oszcillációi szinkronizálódnak a lüktetés illetve a metrum frekvenciáinak egész számú többszöröseivel.

A hallási entrainmentnek vannak viselkedéses és idegi korrelátumai. A viselkedéses korrelátumok közé tartozik a zenére való mozgás, amit szenzomotoros entrainmentnek hívunk (Repp, 2005). Leggyakoribb mérési formája a ritmusra való kopogás. Ennek során szinkronizációs hibát és variabilitást mérnek. A szinkronizációs hiba a kopogás ideje és a hanginger megjelenésének ideje közti időbeli különbséget jelöli, a variabilitás pedig ennek változékonyságát. A hallási entrainmentet közvetlenül a neurális válaszokból is mérhetjük, elektroencefalográfiával, vagy EEG segítségével, amely az agy által generált elektromos rezgéseket veszi fel a fejbőrre illesztett elektródák által. Ezek különböző jelek formájában jelennek meg az EEG-ben. Az egyik ilyen jel az eseményhez kötött potenciál (EKP), a másik pedig az eseményhez kötött deszinkronizáció (EKD) és szinkronizáció (EKS). Az EKP egy tranzienst válasz, amely adott idő intervallumban jelenik meg az ingert követően. Az EKD és az EKS pedig meghatározott frekvencia sávhoz kötött teljesítmény csökkenés és növekedés.

A hallási entrainment egy komplex jelenség, melynek teljes kifejlődése éveket vesz igénybe. Ennek folyamatát számos korábbi kutatás vizsgálta. Csecsemőknél megfigyelték, hogy képesek

különböző zenei paraméterek változásainak észlelésére (Chang & Trehub, 1977; Demany, McKenzie & Vurpillot, 1977; Smith, Trainor & Shore, 2006; Trehub & Thorpe, 1989; Trehub, Schneider & Henderson, 1995; Trehub & Hannon, 2009; Werner, Marean, Halpin, Spetner & Gillenwater, 1992), a lüktetés és a metrum felismerésére (Hannon & Trehub, 2005; Phillips-Silver & Trainor, 2005; Winkler, Háden, Ladinig, Sziller & Honing, 2009), és ezek kimutathatók voltak a neurális válaszaikból is (Cirelli, Spinelli, Nozaradan & Trainor, 2016; Otte, Winkler, Braeken, Stekelenburg, Van der Stelt & Van den Bergh, 2013; Winkler et al., 2009). Gyermekes esetében megfigyeltek mozgásszinkronizációt, habár a mozgásuk nem illeszkedett pontosan a zene ritmusához (van Noorden & Moelants, 1999). Ezen kívül, a neurális válaszaikból kimutatható volt a tempófüggő változások észlelése (Cirelli, Bosnyak, Manning, Spinelli, Marie, Fujioka, Ghahremani & Trainor, 2014), valamint a ritmusra való kopogáshoz köthető folyamatok (Colling, Noble & Goswami, 2017). A kutatások ellenére nem következtethetünk a hallási entrainment kialakulásának fejlődésmenetére, mert kevés adat áll rendelkezésre gyerekek esetében, és a korábbi kutatások nem kontrolláltak a zenei tréning illetve az iskolai oktatás hatására. Jelen kutatásunkban ezt a hiányosságot szeretnénk pótolni, így követéses vizsgálatunkban 2 csoport (zenei tréning, kontroll) fejlődését hasonlítottuk össze 2 éven keresztül az általános iskola megkezdésétől a 2. évfolyam befejeztéig. Mivel a zenei tréning fő célja, hogy fejlessze a zenei ritmus és a mozgás összekapcsolásának képességét, azt feltételeztük, hogy a zenei tréningben részesült gyerekek nagyobb mértékben fognak fejlődni a kontroll csoporthoz képest az entrainment terén.

Módszerek

Résztvevők

Összesen harmincnégy gyermek vett részt a kutatásban a Városmajori Kós Károly Általános Iskolából. Ebből huszonegyen (15 fiú, átlag életkor 1. mérés: 6,9 év, SD: 0,3 év, átlag életkor 3. mérés: 8,5 év, SD: 0,3 év) tanultak ének-zenét a *Kreatív énekes-mozgásos játékok* módszerrel, tizenheten (10 fiú, átlag életkor 1. mérés: 6,9 év, SD: 0,3 év, átlag életkor 3. mérés: 8,4 év, SD: 0,3 év) pedig a hagyományos Kodály-módszerrel. Minden gyermek hasonló demográfiai háttérrel rendelkezik, és egyikük sem részesült zenei képzésben a méréseket megelőzően. A kutatást az Egyesített Pszichológiai Kutatási Etikai Bizottság engedélyezte (hivatkozási szám: 2016/062). A szülők írásbeli nyilatkozatát és a gyermekek szóbeli beleegyezését követően végeztük el a vizsgálatokat. Minden gyermek normál hallású, és a szülők beszámolója alapján egyik résztvevőnek sem volt ismert/diagnosztizált mentális/neurológiai problémája. Az EEG mérések a Természettudományi Kutatóközpont Agyi Képzőközpontjában kerültek felvételre 3 alkalommal: az első iskolaév kezdetén, az első iskolaév végén, és a második iskolaév végén. A gyerekek minden mérés után kaptak valamilyen játékot a részvételükért.

Eljárás

Egy mérési alkalom egy órát vett igénybe, melyet a gyerekek egy ülésben teljesítettek 10-15 perces blokkokra bontva. Minden egyes blokkban különböző feladatokat végeztek, a blokkok

sorrendje pedig változott a gyerekek között kiegyenlítve. Öt feladatból három kapcsolódott az entrainment vizsgálatához, a másik kettő pedig a beszéd- és zeneészlelés képességéhez. A zenei jellemzők agyi feldolgozásához kapcsolódó eredményeket a tanulmánykötet „*Aktív zenetanulási módszerek hatása a zenei jellemzők agyi feldolgozására*” című fejezetében mutatjuk be. Az entrainmenthez kapcsolódó feladatok és elemzések három korábbi kutatásból kerültek átvételre (Cirelli et al., 2014; Fujioka, Trainor, Large & Ross, 2009; Nozaradan, Zerouali, Peretz, & Mouraux, 2015), melyek az entrainment képességét vizsgálták a tempó követés, metrikus érzet és a ritmusra való kopogás tekintetében.

Feladatok és ingerek

Tempó követés

A hanginger és a kísérleti elrendezés két korábbi kutatás mintájára készült (Cirelli et al., 2014; Fujioka et al., 2012). A kísérletben szereplő valamennyi inger Matlab 8.2.0 (The Mathworks Inc., Natick, MA, USA) szoftverrel készült és PsychToolbox 3 (Brainard, 1997; Pelli, 1997) plug-in-nel prezentáltuk őket. A hanginger egy 262 Hz-es, 40 ms hosszú szinuszhang volt. A hang izokronikus sorozatokban ismétlődött 390 ms, 540 ms és 780 ms időintervallumokkal, mely 3 tempó kondíciónak felelt meg (Gyors, Közepes, Lassú). Ezek az izokronikus sorozatok 7 mp hosszú szakaszokban követték egymást 3 mp-es szünetekkel váltakozva, összesen 25-ször ismételve kondícióként. Mindegyik kondíció egyszer szerepelt, a sorrendjüket a gyerekek között kiegyenlítettük. Maga a blokk körülbelül 12 perc hosszúságú volt. A gyerekek a hangingereket Sennheiser PX 200-II fejhallgatón keresztül hallgatták, mialatt egy általuk választott némitott rajzfilmet néztek. A gyerekeket megkértük, hogy a hangokat passzívan hallgassák, és lehetőleg kerüljék a mozgást. A feladat célja az volt, hogy megvizsgáljuk, hogyan képesek a gyerekek neurális szinten követni a különböző tempójú hangingereket.

Metrikus érzet

A hanginger megegyezett a tempó követés feladatban használt hangingerrel, azzal a különbséggel, hogy a hangok 390 ms gyakorisággal követték egymást váltakozó hangos-halk hangsúly mintázattal. A hangos hang háromszor hangosabb volt, mint a halk hang, és a hangos hang az ismétlések egyharmadában kimaradt. A kimaradások ideje randomizálva volt két feltétellel: az első két hangos-halk hangpár nem tartalmazhatott kimaradó hangot, és nem fordulhatott elő kimaradás egymást követően több, mint két alkalommal. Egy hangsorozat 30 hangpárból állt, és összesen 30-szor ismétlődött egy blokkon belül. A tempó követéses feladathoz hasonlóan, a gyerekek passzívan hallgatták a hangokat, mialatt egy némitott rajzfilmet néztek. A feladat célja az volt, hogy megvizsgáljuk milyen mértékben képesek a gyerekek a hangsúlymintázat által generált metrumra ráhangolódni, és neurális szinten képesek-e a kimaradó hangok ellenére bejósolni a soron következő ütemek kezdetét.

Ritmusra való kopogás

Ez a feladat pontosan megegyezett a Nozaradan és munkatársai (2015) kutatásában szereplő jobbkezes kopogási kondícióval. A hanginger egy 33 mp hosszú 333,33 Hz-es 2,4 Hz-en amplitúdó modulált szinuszhang volt, mely a blokkon belül hatszor ismétlődött meg 3 mp-es szünetekkel. A gyerekek feladata az volt, hogy jobb kezük mutatóujjával kopogjanak a space billentyűn a hanginger minden második hangjára, vagyis 1,2 Hz gyakorisággal. Az EEG felvétel előtt a gyerekek gyakorolták a kopogást a kísérletvezető jelenlétében, amíg képesek voltak a feladatot pontosan végrehajtani. A feladat célja az volt, hogy megvizsgálja a szenzomotoros szinkronizáció képességét, valamint az agy szenzoros és motoros területei közötti interakció fejlettségét.

EEG felvétel és előfeldolgozás

Az EEG adatokat BrainAmp erősítő és ActiCap aktív elektróda rendszer (BrainProducts GmbH., Munich, Germany) segítségével rögzítettük. Hatvannégy aktív elektródát használtunk a nemzetközi 10-10-es elrendezésnek megfelelően. Referenciának az FCz elektródát használtuk, az impedanciát pedig 10 k Ω alá állítottuk be. A mintavételezési frekvencia 1000 Hz volt. Az előfeldolgozást és az adatelemzést Matlab szoftverrel készítettük EEGLAB (Delorme & Makeig, 2004), ERPLAB (Lopez-Calderon & Luck, 2014) és saját szkriptek felhasználásával.

Mindhárom feladat esetében a folyamatos EEG adatot sávszűrővel (Butterworth zero-phase filter, 0,1 Hz-100 Hz) szűrtük, valamint egy 50 Hz-es lyukszűrőt (second-order IIR notch filter, quality factor $Q=45$) alkalmaztunk, hogy lecsökkentsük a hálózati zajt. A pislogás és szemmozgások független komponens analízissel lettek eltávolítva (Jung et al., 2000) a *runica* algoritmus (Bell & Sejnowski, 1995; Makeig et al., 2002) használatával. Ezután az adatot az adott feladatnak megfelelően szegmentáltuk (a részleteket lásd lent a feladatok elemzésénél), majd a tempó követés és a metrikus érzet feladatok esetében a műtermékeket tartalmazó szegmenseket elvetettük a következő kritériumoknak megfelelően: amplitúdó ($[-80\ 80]$ μV), meredekség (50 μV , R-squared limit: 0,5), átlag valószínűségi eloszlás szórása (5), átlag kurtózis érték szórása (5) és az elemző áttekintése alapján. Végül, a tempó követés és a metrikus érzet feladatok esetében a felvett EEG adaton Laplace transzformációt hajtottunk végre a CSD Toolbox (Kayser & Tenke, 2006; Perrin, Pernier, Bertrand, & Echallier, 1989) segítségével (spline flexibility $m = 4$, $\lambda = 10^{-5}$). Ennek a módszernek az előnye, hogy a Laplace egy magas áteresztésű térbeli szűrő, amely enyhíti a teljes skalpról összegyűlt zajt, kiemelve a lokális aktivitásokat (Nunez & Srinivasan, 2006).

Adatelemzés

Tempó követés

A folyamatos adatot alulmintavételeztük 250 Hz-re, majd 1700 ms hosszúságú szegmenseket hoztunk létre (-500 ms 1200 ms a hangok kezdetéhez képest) mindhárom tempó kondícióban. Az elemzésekhez az indukált aktivitást vettük alapul, mely az ingerek feldolgozását segítő magasabbrendű folyamatokhoz kapcsolódik. Ehhez először kiszámoltuk a szegmensek átlagát, majd ezt kivontuk minden szegmensből. Ezt követően elkészítettük a szegmensek wavelet

transzformációját minden kondícióra 1-től 60 Hz-ig, 1 Hz-es lépésközzel. Folyamatos wavelet transzformációt alkalmaztunk minden EEG csatornán a Matlab által implementált *cmor1-1* komplex wavelet függvény használatával, mely keskeny sáv szélességének ($F_b = 1$) és közép frekvenciájának ($F_c = 1$) köszönhetően megfelelő felbontást biztosít a magas frekvenciákon is, mint a béta és a gamma tartományok. Az így kapott értékeket normalizáltuk minden egyes frekvenciára és kondícióra: először kivontuk a két egymást követő hang közötti átlag teljesítményértékét, majd elosztottuk ezzel az átlag értékkel, végül az így kapott értékeket megszoroztuk 100-al, így a létrejött teljesítmény spektrum a neurális aktivitás százalékos változásait mutatta.

A statisztikai elemzéseket a baloldali hallókéregnek megfelelő területekhez kapcsolódó elektródákon végeztük, ahol az átlag EKP a legerősebb volt alanyokon keresztül (C5, C3, FC5, FC3). Vizsgált tartománynak a 13-tól 20 Hz-ig terjedő frekvenciák átlagát vettük. Annak érdekében, hogy megállapítsuk, volt-e szignifikáns teljesítmény eltérés az alapvonalától, egymintás *t*-teszteket futtattunk két egymást követő hang közötti időtartományban a négy elektróda átlagán. A többszörös összehasonlításhoz Bonferroni-Holm korrekciót alkalmaztunk.

Metrikus érzet

Először, a folyamatos adatot alulmintavételeztük 250 Hz-re, majd 1190 ms hosszúságú szegmenseket hoztunk létre (-500 ms a hangos hang helyéhez képest, 690 ms a halk hang kezdete után). Az indukált teljesítményt a fent leírt eljárással számoltuk ki, majd a tempó követés feladathoz hasonlóan, folyamatos wavelet transzformációt alkalmaztunk minden EEG csatornán 1-től 60 Hz-ig, 1 Hz-es lépésközzel a *cmor1-1* komplex wavelet függvény használatával. Az így kapott értékeket normalizáltuk, és transzformáltuk százalékos változássá. A statisztikai elemzésekhez a 28-48 Hz közötti frekvencia tartomány átlagát vettük alapul a C5, C3, FC5, FC3 csatornák átlagán. A hangos és a halk hang latenciájához tartozó teljesítményértékeket ismételt méréses varianciaanalízissel (ANOVA) hasonlítottuk össze. Szignifikáns interakciók esetén Wilcoxon összetartozó mintás *t*-teszteket végeztünk.

Ritmusra való kopogás

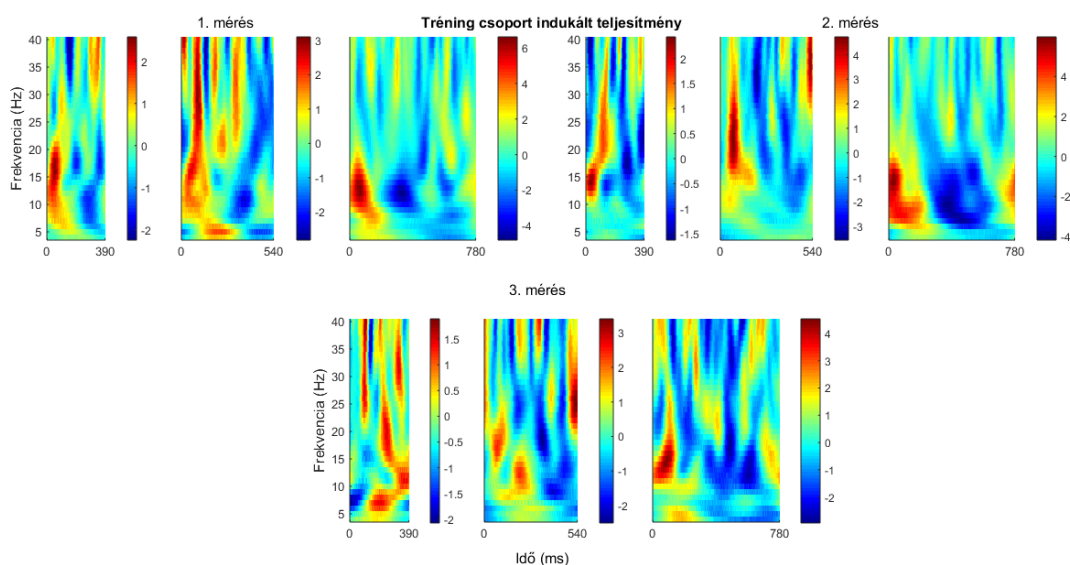
A ritmusra való kopogás képességének értékeléséhez a steady-state kiváltott potenciálok (SS-KP) elemzését használtuk követve a frekvencia jelölő módszert (Nozaradan et al., 2015). Először létrehoztunk 6 szegmenst a hanginger 6 ismétléséből, majd levágtuk minden szegmens első másodpercét, hogy eltávolítsuk a hallási EKP-t. Ez a rövidítés nem befolyásolta az entrainmenthez kötődő aktivitást, mert a lüktetés stabil érzékeléséhez (Repp, 2005), valamint az SS-KP-k kialakulásához (Regan, 1989) a hang többszörös periodikus ismétlésére van szükség. A szegmenseket ezek után alanyonként átlagoltuk, majd diszkrét Fourier- transzformáció segítségével (0,031 Hz frekvencia felbontással) frekvencia spektrumokká alakítottuk őket. A háttérzaj leválasztása érdekében a frekvencia spektrum minden eleméből kivontuk a szomszédos elemek átlagát (-0,15 Hz-től -0,09 Hz-ig és +0,09 Hz-től +0,15 Hz-ig). Mivel a diszkrét Fourier transzformációval nem lehetett pontosan a vizsgált frekvenciák (1,2 Hz, 2,4 Hz) amplitúdóját megállapítani, az amplitúdók értékét a három szomszédos frekvencia amplitúdó átlagából számoltuk ki (Nozaradan et al., 2015). Mivel a frekvencia spektrumokban megjelent egy SS-KP a

hanginger frekvenciájának első felharmonikusán (4,8 Hz) is, kiszámoltuk az ehhez tartozó amplitúdó értékeket is. Az amplitúdó értékeket elektródákon keresztül átlagoltuk, majd Wilcoxon egymintás t -teszt segítségével megállapítottuk, hogy az SS-KP-k szignifikánsan eltérnek-e a nullától.

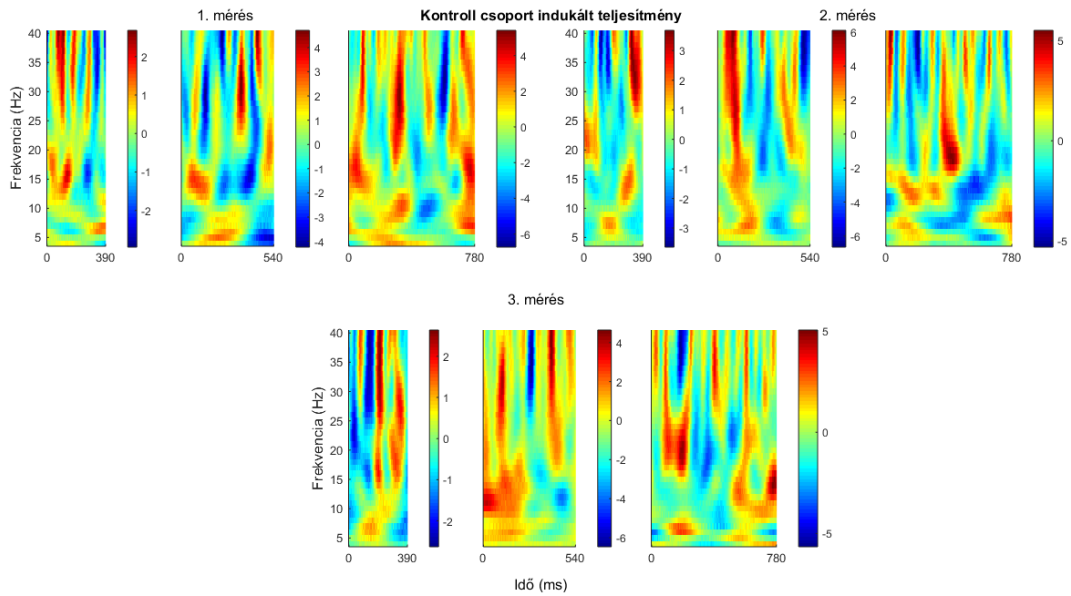
Eredmények

Tempó követés

A normalizált adatokból idő-frekvencia spektrumokat készítettünk mindhárom mérési pontra mindkét csoport esetében (1. és 2. ábra). Az ábrákon a 3 tempó kondíció látható két egymást követő hang közötti időtartományban a 4-től 60 Hz-ig terjedő frekvenciákon.

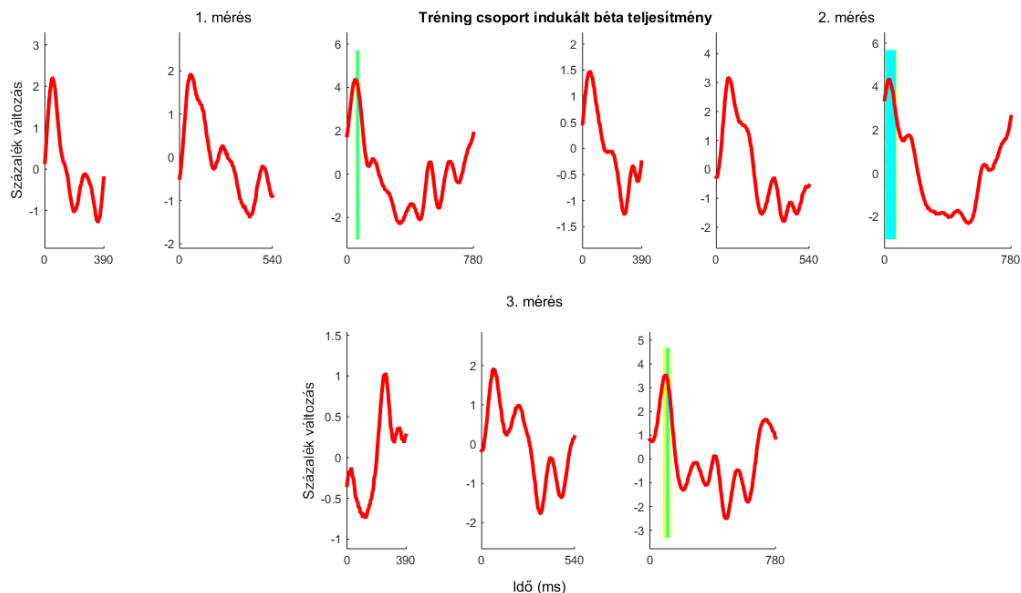


1. ábra A tréning csoport átlag indukált teljesítményének százalékos változásai a 3 tempó kondícióban a 4-től 60 Hz-ig terjedő frekvenciákon a C5, C3, FC5, FC3 elektródák átlagán mérési pontokon keresztül. Az ábrák két egymást követő hang között eltelt idő átlagát mutatják.

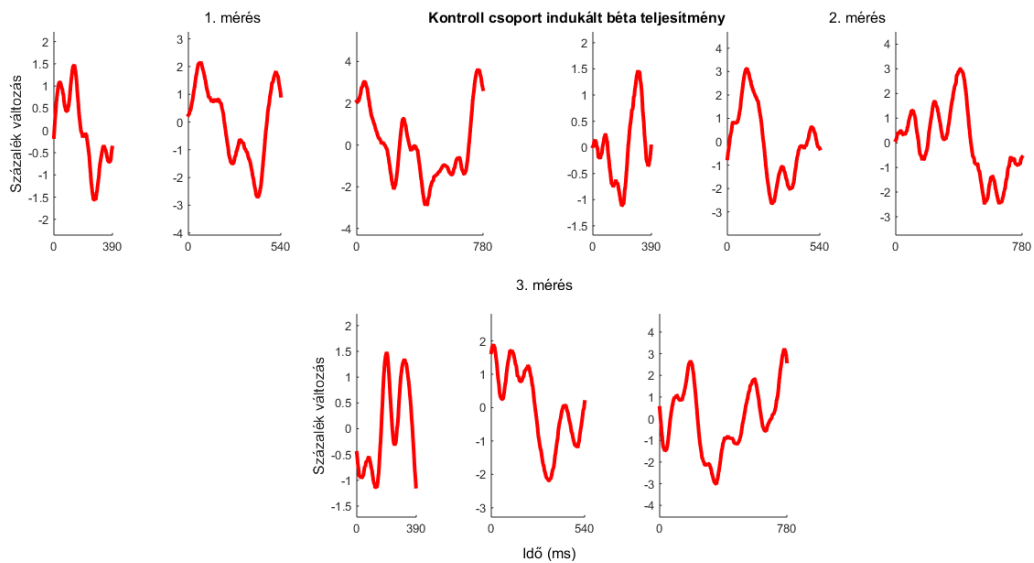


2. ábra A kontroll csoport átlag indukált teljesítményének százalékos változásai a 3 tempó kondícióban a 4-től 60 Hz-ig terjedő frekvenciákon a C5, C3, FC5, FC3 elektródák átlagán mérési pontokon keresztül. Az ábrák két egymást követő hang között eltelt idő átlagát mutatják.

A 13-20 Hz közötti indukált teljesítmény csak a tréning csoport Lassú kondíciójában tért el szignifikánsan a nullától a hang megjelenését követő teljesítménynövekedésben mindhárom mérési pont esetében (3. ábra). A kontroll csoportnál nem volt szignifikáns teljesítménynövekedés (4. ábra), továbbá nem volt szignifikáns teljesítmény csökkenés egyetlen csoport egyetlen mérési pontjánál sem.



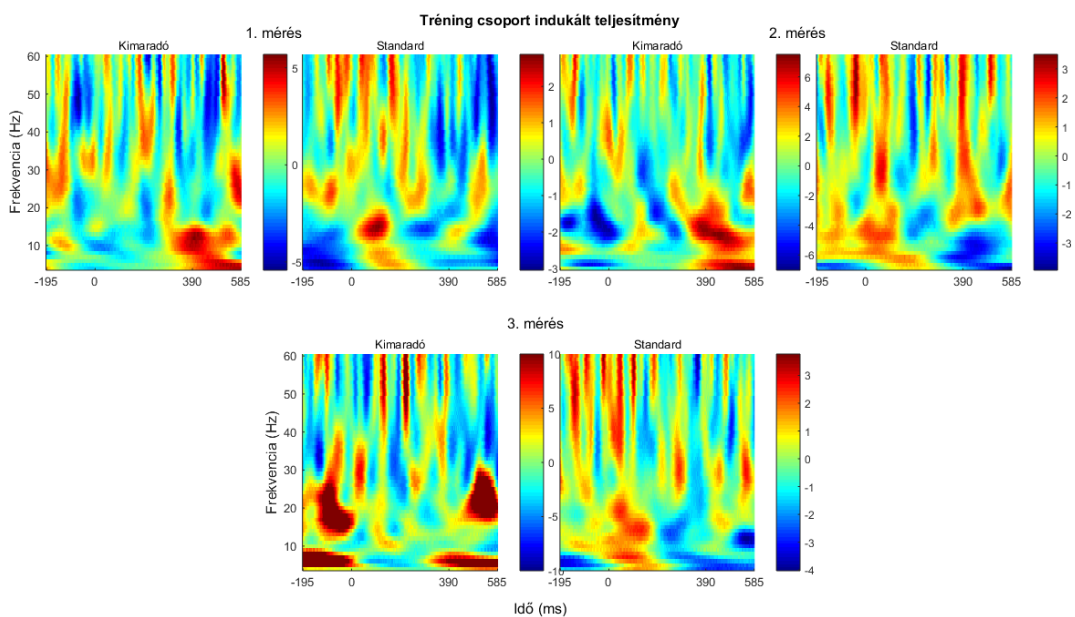
3. ábra A tréning csoport indukált teljesítmény változásai a 13-20 Hz közötti frekvencia tartományban a C5, C3, FC5, FC3 elektródák átlagán mérési pontokon keresztül. Szignifikáns eltérések: kék, $p < 0,5$, sárga, $p < 0,1$.



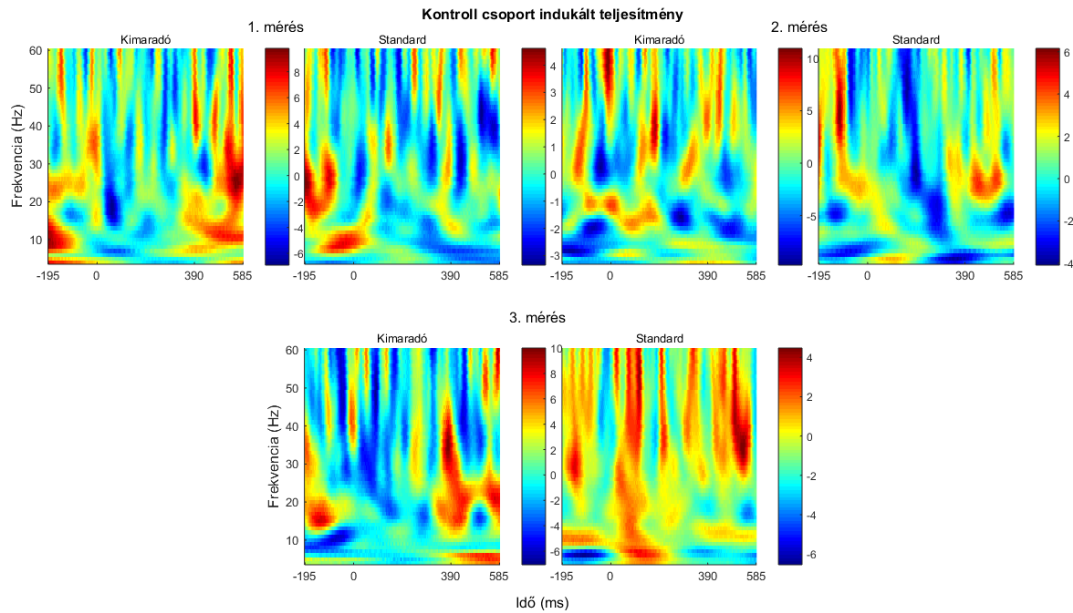
4. ábra A kontroll csoport indukált teljesítmény változásai a 13-20 Hz közötti frekvencia tartományban a C5, C3, FC5, FC3 elektródák átlagán mérési pontokon keresztül.

Metrikus érzet

Ennél a feladatnál is készítettünk idő-frekvencia spektrumokat a normalizált adatokból mindhárom mérési pontra mindkét csoport esetében (5. és 6. ábra). Az ábrákon a kimaradó és a standard kondíció látható a hangos hang helyét megelőző fél ütemtől a halk hangot követő fél ütemig terjedő időtartományban a 4-60 Hz közötti frekvenciákon.



5. ábra A tréning csoport indukált teljesítmény változásai a 4-60 Hz közötti frekvencia tartományban a C5, C3, FC5, FC3 elektródák átlagán mérési pontokon keresztül.



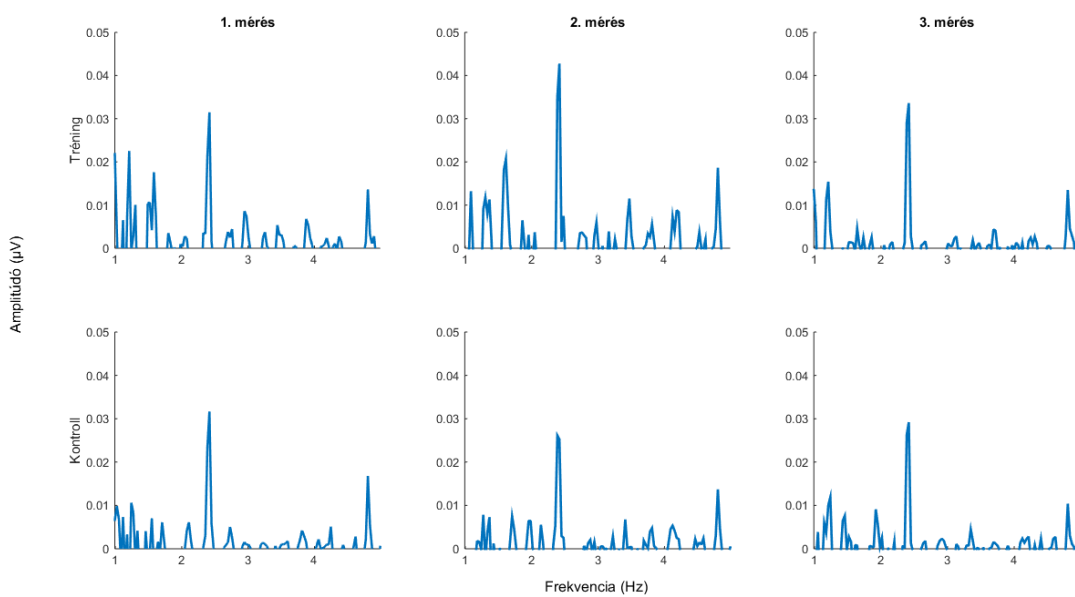
6. ábra A kontroll csoport indukált teljesítmény változásai a 4-60 Hz közötti frekvencia tartományban a C5, C3, FC5, FC3 elektródák átlagán mérési pontokon keresztül.

A standard kondícióban 100 ms-mal a hangos hangot követően teljesítménynövekedés volt megfigyelhető mind a béta (13-20 Hz) mind a gamma (28-48 Hz) frekvencia tartományban, ezzel szemben a halk hangot követően a béta tartományban 400 ms-nál, a gamma tartományban pedig 500 ms-nál volt megfigyelhető teljesítménynövekedés. Az ezekhez a latenciákhoz tartozó teljesítményteljesítményértékeket frekvencia sávonként ismételt méréses variancia analízissel (ANOVA) összehasonlítottuk méréseken és csoportokon keresztül (csoport, mint köztes tényező, mérés, kondíció és latencia, mint belső tényezők).

A gamma tartomány esetében nem volt szignifikáns főhatás és interakció sem. Ezzel szemben a béta tartomány esetében szignifikáns interakciót találtunk a kondíció és a latencia között, $F(1,36) = 7,66$, $p = 0,01$, $\eta^2 = 0,17$, a mérés, latencia és a csoport között, $F(2,72) = 4,12$, $p = 0,02$, $\eta^2 = 0,1$, valamint a mérés, latencia, kondíció és a csoport között, $F(2,72) = 3,72$, $p = 0,03$, $\eta^2 = 0,09$. Wilcoxon összetartozó mintás t -tesztekkel megállapítottuk, hogy a tréning csoportnál kizárólag a második mérés kimaradó kondíciójában volt szignifikáns eltérés a hangok között ($Z = 2,17$, $p = 0,03$, $\text{Medián}_{100} = -0,8$, $\text{Medián}_{400} = 6,8$), míg a kontroll csoportnál az első mérés kimaradó kondíciójában ($Z = 2,06$, $p = 0,04$, $\text{Medián}_{100} = -0,94$, $\text{Medián}_{400} = 3,91$), és a harmadik mérés kimaradó ($Z = 2,01$, $p = 0,04$, $\text{Medián}_{100} = 0,99$, $\text{Medián}_{400} = 4,55$) és standard ($Z = -2,43$, $p = 0,01$, $\text{Medián}_{100} = 0,93$, $\text{Medián}_{400} = -1,49$) kondíciójában volt szignifikáns eltérés a hangok között.

Ritmusra való kopogás

A frekvencia spektrumok (7. ábra) mindkét csoport esetében mindhárom mérési alkalommal két prominens SS-KP csúcsot mutattak a hanginger frekvenciáján (2,4 Hz), valamint annak első felharmonikusán (4,8 Hz). A Wilcoxon egymintás t -tesztek megerősítették, hogy ezek az SS-KP-k mindkét csoport esetében szignifikánsan különböztek a nullától méréseken keresztül (1. táblázat). A cél kopogási frekvenciához (1,2 Hz) kapcsolódó SS-KP-k azonban egyik csoport egyik mérési pontjánál sem voltak szignifikánsak.



7. ábra A tréning és a kontroll csoport frekvencia spektrumai a három mérési ponton keresztül

1. táblázat. A Wilcoxon egymintás t-teszt eredményei (p-értékek) a tréning és a kontroll csoport három mérési pontjára

SS-KP	Csoportok	
	Tréning	Kontroll
<i>1. mérés</i>		
1,2 Hz	0,520	0,758
2,4 Hz	0,001*	0,001*
4,8 Hz	<0,001*	0,010*
<i>2. mérés</i>		
1,2 Hz	0,543	0,758
2,4 Hz	0,003*	<0,001*
4,8 Hz	0,001*	0,004*
<i>3. mérés</i>		
1,2 Hz	0,106	0,177
2,4 Hz	0,001*	0,001*
4,8 Hz	<0,001*	0,008*

Megjegyzés. A *-gal jelölt értékek szignifikánsan eltértek a nullától.

A 2,4 Hz-hez tartozó amplitúdó értékeket ismételt méréses varianciaanalízissel (ANOVA) összehasonlítottuk méréseken és csoportokon keresztül (csoport, mint minták közötti tényező, mérés, mint személyek közötti tényező). Nem találtunk szignifikáns különbséget a csoportok között és a mérési pontok között, és nem volt szignifikáns interakció sem.

Megbeszélés

Jelen kutatásunkban a hallási entrainment fejlődés menetét vizsgáltuk 2 csoport (zenei tréning, kontroll) fejlődésének összehasonlításával 2 éven keresztül az általános iskola megkezdésétől a 2. évfolyam befejeztéig. Mivel a hallási entrainment magában foglalja a hallási és mozgási folyamatok összekapcsolását, azt vártuk, hogy a zene és mozgás alapú zenei tréningben résztvevő gyerekek nagyobb mértékben fognak fejlődni a kontroll csoporthoz képest. Vizsgálatunkban korábbi kutatások alapján a tempó követés, a metrikus érzet és a ritmusra való kopogás képességét mértük.

Tempó követés

Korábbi kutatásokhoz hasonlóan a hangok megjelenését követően egy teljesítménynövekedés és -csökkenés volt megfigyelhető az indukált béta (13-20 Hz) tartományban mindhárom tempó kondícióban (Cirelli et al., 2014; Fujioka et al., 2009; Fujioka et al., 2012). Azonban, a korábbi kutatásoktól eltérően, a tréning csoport Lassú kondícióját kivéve, ezek a teljesítmény változások nem voltak szignifikánsak. Továbbá, korábbi kutatásokkal ellentétben, a Lassú kondícióban

megjelent szignifikáns teljesítménynövekedés a hang kezdetét követően jelent meg, nem pedig azt megelőzően. A béta teljesítménynövekedést egyrészt a mozgási kontroll folyamatok stabil állapotának fenntartásával (Gilbertson, Lalo, Doyle, Di Lazzaro, Cioni & Brown, 2005; Pogosyan, Gaynor, Eusebio & Brown, 2009), másrészt az agyi oszcillációk fázis visszaállításával (Pfurtscheller, Müller-Putz, Pfurtscheller & Rupp, 2005) azonosítják, mely izokronikus hangsorok esetében a mozgás készenléti állapot fenntartásának, illetve egy megelőlegző folyamatnak felelnek meg. Mivel jelen vizsgálatunkban ez a teljesítménynövekedés a hang kezdete után jelent meg, azt feltételezzük, hogy a neurális aktivitás inkább rezponzív, mintsem prediktív jellegű volt. Ezek az eredmények arra utalnak, hogy a tempó követés neurális folyamatai egyik csoport esetében sem fejlődtek ki teljesen 8 éves korig.

Metrikus érzet

Korábbi kutatásokkal egyezően az indukált gamma (28-48 Hz) aktivitás változatlan maradt ellentétben az indukált béta (13-20 Hz) aktivitással a kondíciókon keresztül (Fujioka et al., 2009; Maróti, Honbolygó & Weiss, 2019) mindkét csoport mindhárom mérési pontjánál. Ez a különbség a hangos és a halk hangok teljesítményértékeinek összehasonlításában nyilvánult meg. Míg a béta aktivitás változott a hang jelenlététől és intenzitásától függően mindkét csoport esetében, addig a gamma aktivitás változatlan maradt. Az indukált béta aktivitás a mozgást előkészítő folyamatokban vesz részt, ezért függ a hanginger fizikai tulajdonságaitól (Fujioka et al., 2009). Ezzel szemben, az indukált gamma aktivitás a hangok hierarchikus feldolgozásával, vagyis a metrikus érzettel áll összefüggésben, ezért a hangok fizikai tulajdonságai nem közvetlenül hatnak rá. Az eredményeink, összhangban egy korábbi kutatásunkkal (Maróti et al., 2019), azt mutatják, hogy a metrikus érzethez kapcsolódó folyamatok már kora gyermekkorban a felnőttekhez hasonló érettségi fokot mutatnak (Fujioka et al., 2009; Snyder & Large, 2005). Ez nem meglepő, ugyanis a metrikus érzethez köthető folyamatok már csecsemőkorban megjelennek (Háden, Honing, Török & Winkler, 2015; Stefanics, Háden, Huotilainen, Balázs, Sziller, Beke, Fellman & Winkler, 2007; Winkler et al., 2009), ami lényeges szerepet tölt be a beszéd tanulásában (Lashley, 1951).

Ritmusra való kopogás

A hanginger feldolgozásához kapcsolható SS-KP-k mindkét csoportnál szignifikánsak voltak a mérési pontokon keresztül, és nem változtak szignifikánsan az idő előrehaladtával. Ezzel szemben, nem volt szignifikáns SS-KP a cél kopogási frekvencián. Ez ellentmond a korábbi kutatási eredményeknek, ahol zeneileg képzett felnőtteknél (Nozaradan et al., 2015) és gyerekeknél (Colling et al., 2017) szignifikáns SS-KP-t találtak a cél kopogási frekvencián, valamint az úgynevezett keresztmodulációs frekvencián, ami a kopogás és a hanginger frekvenciájának összegén jelenik meg, és a hallási és mozgási folyamatok dinamikus interakciójára utal. Ennek a különbségnek az lehet az oka, hogy a korábbi kutatásokban résztvevő felnőttek és gyerekek a jelen tanulmányban résztvevő gyerekektől eltérő zenei képzésben vettek részt, és idősebbek voltak. Ebből következőleg feltételezhetjük, hogy a zenei tréning fajtája, tartóssága illetve az életkor befolyásolja a szenzomotoros feldolgozás fejlettségét. Ezt a feltevést támasztja alá az, hogy a profi zenészeknél a motoros kéreg strukturálisan (Gaser and Schlaug, 2003) és funkcionálisan (Krings, Töpper, Foltys,

Erberich, Sparing, Willmes & Thron, 2000) fejlettebb volt a kontrolloknál. Eredményeink egyben arra is utalnak, hogy a szenzomotoros szinkronizáció kifejlődése hosszabb időt vesz igénybe, mint az entrainmentben résztvevő hallási folyamatok kifejlődése.

Konklúzió

Jelen követéses vizsgálatunk eredményei megerősítik egy korábbi kutatásunk eredményeit (Maróti, Honbolygó, & Weiss, 2019), miszerint a hallási entrainmenthez kapcsolódó metrikus érzet korábban kifejlődik, mint a mozgást előkészítő hallási folyamatok és a hallási és motoros területek interakciója. Jelen kutatásunkból az is kiderült, hogy a zenei tréningben részesült gyerekek és a kontroll csoport fejlődése között nem volt jelentős eltérés. Jövőbeni kutatások feladata, hogy feltárja, hogy az entrainment fejlődéséhez mennyiben járul hozzá a zenei képzés és mennyiben az életkor hatása. Az entrainment fő jelentősége, hogy biztosítja a környezetről alkotott szenzoros reprezentációk stabilitását. A szenzomotoros koordinációt érintő fejlődési rendellenességek kezelésében (pl. diszlexia), a hallási feldolgozás, valamint az audio-motoros interakciók vizsgálatunkban bemutatott eltérő fejlődési aspektus segíthet a mögöttes folyamatok megértésében.

Irodalom

- Bell, A. J., & Sejnowski, T. J. (1995). An information-maximization approach to blind separation and blind deconvolution. *Neural Computation*, 7(6), 1129–1159.
- Brainard, D. H. (1997). The psychophysics toolbox. *Spatial Vision*, 10, 433–436.
- Buzsáki, G., & Draguhn, A. (2004). Neuronal oscillations in cortical networks. *Science*, 304(5679), 1926–1929.
- Chang, H. W., & Trehub, S. E. (1977). Infants' perception of temporal grouping in auditory patterns. *Child development*, 1666-1670.
- Cirelli, L. K., Bosnyak, D., Manning, F. C., Spinelli, C., Marie, C., Fujioka, T., ... Trainor, L. J. (2014). Beat-induced fluctuations in auditory cortical beta-band activity: using EEG to measure age-related changes. *Frontiers in Psychology*, 5. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.00742>
- Cirelli, L. K., Spinelli, C., Nozaradan, S., & Trainor, L. J. (2016). Measuring Neural Entrainment to Beat and Meter in Infants: Effects of Music Background. *Frontiers in Neuroscience*, 10. <https://doi.org/10.3389/fnins.2016.00229>
- Colling, L. J., Noble, H. L., & Goswami, U. (2017). Neural entrainment and sensorimotor synchronization to the beat in children with developmental dyslexia: An EEG study. *Frontiers in Neuroscience*, 11. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5506338/>
- Demany, L., McKenzie, B., & Vurpillot, E. (1977). Rhythm perception in early infancy. *Nature*, 266(5604), 718-719.
- Delorme, A., & Makeig, S. (2004). EEGLAB: an open source toolbox for analysis of single-trial EEG dynamics including independent component analysis. *Journal of Neuroscience Methods*, 134(1), 9–21.
- Fujioka, T., Trainor, L. J., Large, E. W., & Ross, B. (2009). Beta and gamma rhythms in human auditory cortex during musical beat processing. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1169(1), 89–92.
- Fujioka, T., Trainor, L. J., Large, E. W., & Ross, B. (2012). Internalized timing of isochronous sounds is represented in neuromagnetic beta oscillations. *Journal of Neuroscience*, 32(5), 1791–1802.
- Gaser, C., & Schlaug, G. (2003). Brain structures differ between musicians and non-musicians. *Journal of Neuroscience*, 23(27), 9240-9245.
- Gilbertson, T., Lalo, E., Doyle, L., Di Lazzaro, V., Cioni, B., & Brown, P. (2005). Existing motor state is favored at the expense of new movement during 13-35 Hz oscillatory synchrony in the human corticospinal system. *Journal of Neuroscience*, 25(34), 7771–7779.

- Hannon, E. E., & Trehub, S. E. (2005). Metrical categories in infancy and adulthood. *Psychological science*, *16*(1), 48-55.
- Háden, G. P., Honing, H., Török, M., & Winkler, I. (2015). Detecting the temporal structure of sound sequences in newborn infants. *International Journal of Psychophysiology*, *96*(1), 23–28. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2015.02.024>
- Jung, T.-P., Makeig, S., Westerfield, M., Townsend, J., Courchesne, E., & Sejnowski, T. J. (2000). Removal of eye activity artifacts from visual event-related potentials in normal and clinical subjects. *Clinical Neurophysiology*, *111*(10), 1745–1758.
- Kayser, J., & Tenke, C. E. (2006). Principal components analysis of Laplacian waveforms as a generic method for identifying ERP generator patterns: I. Evaluation with auditory oddball tasks. *Clinical Neurophysiology*, *117*(2), 348–368.
- Krings, T., Töpper, R., Foltys, H., Erberich, S., Sparing, R., Willmes, K., & Thron, A. (2000). Cortical activation patterns during complex motor tasks in piano players and control subjects. A functional magnetic resonance imaging study. *Neuroscience letters*, *278*(3), 189-193.
- Large, E. W., & Kolen, J. F. (1994). Resonance and the perception of musical meter. *Connection Science*, *6*(2–3), 177–208.
- Lashley, K. S. (1951). *The problem of serial order in behavior* (Vol. 21). Oxford, United Kingdom: Bobbs-Merrill.
- Lopez-Calderon, J., & Luck, S. J. (2014). ERPLAB: an open-source toolbox for the analysis of event-related potentials. *Frontiers in Human Neuroscience*, *8*. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3995046/>
- MacKay, W. A. (1997). Synchronized neuronal oscillations and their role in motor processes. *Trends in Cognitive Sciences*, *1*(5), 176–183.
- Makeig, S., Westerfield, M., Jung, T.-P., Enghoff, S., Townsend, J., Courchesne, E., & Sejnowski, T. J. (2002). Dynamic brain sources of visual evoked responses. *Science*, *295*(5555), 690–694.
- Maróti, E., Honbolygó, F., & Weiss, B. (2019). Neural entrainment to the beat in multiple frequency bands in 6–7-year-old children. *International Journal of Psychophysiology*, *141*, 45-55.
- Nozaradan, S., Zerouali, Y., Peretz, I., & Mouraux, A. (2015). Capturing with EEG the Neural Entrainment and Coupling Underlying Sensorimotor Synchronization to the Beat. *Cerebral Cortex*, *25*(3), 736–747. <https://doi.org/10.1093/cercor/bht261>
- Nunez, P. L., & Srinivasan, R. (2006). *Electric fields of the brain: the neurophysics of EEG*. Oxford University Press, USA.
- Otte, R. A., Winkler, I., Braeken, M. A. K. A., Stekelenburg, J. J., Van der Stelt, O., & Van den Bergh, B. R. H. (2013). Detecting violations of temporal regularities in waking and sleeping two-month-old infants. *Biological Psychology*, *92*(2), 315-322.
- Pelli, D. G. (1997). The VideoToolbox software for visual psychophysics: Transforming numbers into movies. *Spatial Vision*, *10*(4), 437–442.
- Perrin, F., Pernier, J., Bertrand, O., & Echallier, J. F. (1989). Spherical splines for scalp potential and current density mapping. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, *72*(2), 184–187.
- Pfurtscheller, G., Müller-Putz, G. R., Pfurtscheller, J., & Rupp, R. (2005). EEG-based asynchronous BCI controls functional electrical stimulation in a tetraplegic patient. *EURASIP Journal on Applied Signal Processing*, *2005*, 3152–3155.
- Phillips-Silver, J., & Trainor, L. J. (2005). Feeling the beat: movement influences infant rhythm perception. *Science*, *308*(5727), 1430–1430.
- Pogosyan, A., Gaynor, L. D., Eusebio, A., & Brown, P. (2009). Boosting Cortical Activity at Beta-Band Frequencies Slows Movement in Humans. *Current Biology*, *19*(19), 1637–1641. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2009.07.074>
- Regan, D. (1989). Human brain electrophysiology: evoked potentials and evoked magnetic fields in science and medicine. Retrieved from <http://www.citeulike.org/group/8861/article/4033861>
- Repp, B. H. (2005). Sensorimotor synchronization: A review of the tapping literature. *Psychonomic Bulletin & Review*, *12*(6), 969–992.
- Smith, N. A., Trainor, L. J., & Shore, D. I. (2006). The development of temporal resolution: between-channel gap detection in infants and adults. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*.

- Snyder, J. S., & Large, E. W. (2005). Gamma-band activity reflects the metric structure of rhythmic tone sequences. *Cognitive Brain Research*, 24(1), 117–126.
- Stefanics, G., Háden, G., Huotilainen, M., Balázs, L., Sziller, I., Beke, A., ... Winkler, I. (2007). Auditory temporal grouping in newborn infants. *Psychophysiology*, 44(5), 697–702. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2007.00540.x>
- Tierney, A. T., & Kraus, N. (2013). The ability to tap to a beat relates to cognitive, linguistic, and perceptual skills. *Brain and Language*, 124(3), 225–231.
- Trehub, S. E., & Hannon, E. E. (2009). Conventional rhythms enhance infants' and adults' perception of musical patterns. *cortex*, 45(1), 110-118.
- Trehub, S. E., Schneider, B. A., & Henderson, J. L. (1995). Gap detection in infants, children, and adults. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 98(5), 2532-2541.
- Trehub, S. E., & Thorpe, L. A. (1989). Infants' perception of rhythm: Categorization of auditory sequences by temporal structure. *Canadian Journal of Psychology/Revue canadienne de psychologie*, 43(2), 217.
- Van Noorden, L., & Moelants, D. (1999). Resonance in the perception of musical pulse. *Journal of New Music Research*, 28(1), 43-66.
- Ward, L. M. (2003). Synchronous neural oscillations and cognitive processes. *Trends in Cognitive Sciences*, 7(12), 553–559.
- Werner, L. A., Marean, G. C., Halpin, C. F., Spetner, N. B., & Gillenwater, J. M. (1992). Infant auditory temporal acuity: Gap detection. *Child Development*, 63(2), 260-272.
- 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(7), 2468–2471. <https://doi.org/10.1073/pnas.0809035106>