

# MŪZIKAS KLAUSĪŠANĀS PERCEPTĪVIE ASPEKTI: TEORĒTISKS PĀRSKATS

## *Perceptual Aspects of Music Listening: a Theoretical Review*

**Jana Janišauska**

Jāzeps Vītola Latvijas Mūzikas akadēmija, Latvija

**Valdis Bernhofs**

Jāzeps Vītola Latvijas Mūzikas akadēmija, Latvija

**Abstract.** *Human beings exist within a perpetual sound environment, where ambient noises, work environment, conversations, music in supermarkets, cafes and other public establishments, as well as other sources of sound create a complex soundscape. To be able to navigate this environment, to receive timely warning signals and to participate in the communication process with the people around us, constant listening is required.*

*Listening is our way to experience, sense, understand and coherently react to this world. Although the term “listening” by which we define this activity affects almost the entire scope of our daily lives, one of the aspects that has been of interest to a wide spectrum of specialists, including philosophers, scientists, theoreticians and teachers is the listening to music. During the last decade, the interest in the research of several components of this activity has increased also in the field of music psychology, especially in the context of neuropsychology. However, until now, no in-depth analysis of the interaction of perceptual aspects of music listening has been conducted.*

*The purpose of this article is to provide a theoretical overview on the latest findings in the analysis of the perceptual factors in music listening, defining their mutual interaction. The findings of this article substantiate the statement that music listening can be viewed as a continuous and individualized interaction of perceptual processes that on various levels of cognition are fostered by the individual’s musical experience. The entirety of findings invites deeper analysis of the complex nature of this dual concept.*

**Keywords:** *music listening, music perception, musical experience.*

## **Ievads**

### ***Introduction***

Mūzikas klausīšanās ir divu patstāvīgu vārdu apvienojums, kas kļuvis par ierastu un visiem šķietami saprotamu darbības apzīmējumu. Tomēr, sastopoties dažādu mūzikas disciplīnu pārstāvjiem, rodas diskusija par šī jēdzienpāra izpratni. Kāds izceļ mūzikas estētiskuma novērtējumu klausīšanās laikā, cits – mūzikas

analīzi, vēl kāds – pedagoģiskus problēmjaudājumus. Turklāt atšķiras arī pats klausītājs. Piemēram, viens no tiem ikdienā klausās viegli uztveramu, melodiski, harmoniski, ritmiski vienkārši mūziku. Kāds cits – ikdienā izvēlas satura ziņā sarežģītu un daudzveidīgu mūziku no renesanses laika skaņdarbiem līdz mūsdienām. Rodas jautājums, kas kopīgs un kas ir atšķirīgs dažādu veidu klausītājiem? Šajā rakstā autori, abstrahējoties no mūzikas estētiskajiem un analītiskajiem aspektiem, mūzikas klausīšanās jēdzienu pamato, izceļot akustiskās informācijas uztveres un kognitīvās apstrādes komponentus, kas neatkarīgi no mūzikas stila un citiem mūziku raksturojošajiem parametriem mijiedarbojas un nodrošina klausīšanās procesa norisi.

### **Mūzikas klausīšanos raksturojošie aspekti** *Components of Music Listening*

Pēdējo 30 gadu laikā mūzikas psiholoģijā manāma arvien lielāka tendence pētīt un skaidrot mūzikas klausīšanās laikā aktivizētos prāta izziņas procesus. Turklāt arī pats process – mūzikas klausīšanās – mūzikas psiholoģiskā skatījumā, tiek raksturota kā kognitīva, t.i., ar izziņu saistīta, darbība (Reitan, 2013). Tiek apgalvots, ka pat pasīva klausīšanās prasa sarežģītu akustiskās informācijas apstrādes procesu (Jaušovec & Habe, 2004; Särkämö, Tervaniemi, & Huotilainen, 2013). Šāda atziņa pausta arī pētījumos, kur mūzikas klausīšanās tiek izvirzīta kā viens no galvenajiem izpētes objektiem (Altenmüller, Bangert, & Gruhn, 2000; Särkämö et al., 2013; Angulo-Perkins et al., 2014). Turklāt nereti visi aktivizētie informācijas izziņas un apstrādes procesi apzīmēti plašāk kā mūzikas percepcija (*music perception*) un mūzikas apstrāde (*music processing*) (Altenmüller, Schürmann, Lim, & Parlitz, 2002; Stewart, Kriegstein, Warren, & Griffiths, 2006; Deutsch, 2007; Särkämö et al., 2013; Hausmann, Hodgetts, & Eerola, 2016). Tādējādi, lai viestu skaidrību par mūzikas klausīšanos nodrošinošajiem pamatprocesiem, nepieciešams padziļināti skatīt arī abu izvirzīto atslēgas vārdu teorijas.

Pētījumos, kuros skatīti ar mūzikas apstrādi saistītie problēmjaudājumi, visbiežāk tiek analizētas smadzeņu (*brain*) darbības īpatnības (Altenmüller et al., 2000; Wessinger et al., 2001; Peretz & Zatorre, 2005; Jentschke & Koelsch, 2009; Angulo-Perkins et al., 2014; Janzen & Thaut, 2018), kā arī tiek skaidrotas dzirdes (*hearing*) fizioloģiskās īpatnības (Moore, 2012) un dzirdes sistēmas (*auditory system*) darbības iesaiste akustiskas informācijas uztverē un tālākajā apstrādē (Kraus & Slater, 2015; Werner, 2007; McDermott & Oxenham, 2008; Winkler, Denham, & Nelken, 2009; Kraus & Chandrasekaran, 2010). Tiek uzskatīts, ka augšupejošais (*bottom-up*) un lejupejošais (*top-down*) apstrādes virziens dzirdes sistēmā un smadzeņu garozā kopumā analizē mijiedarbi starp visiem mūzikas apstrādē iesaistītajiem procesiem kopumā (Pearce & Wiggins, 2006; Strait, Kraus,

Parbery-Clark, & Ashley, 2010; Moore, 2012; Disbergen, Valente, Formisano, & Zatorre, 2018). Visi ar mūzikas apstrādi minētie atslēgas vārdi raksturo akustiskās informācijas neurofizioloģisko apstrādes līmeni, un tiek izvirzīti kā mūzikas klausīšanas raksturojošie komponentiem.

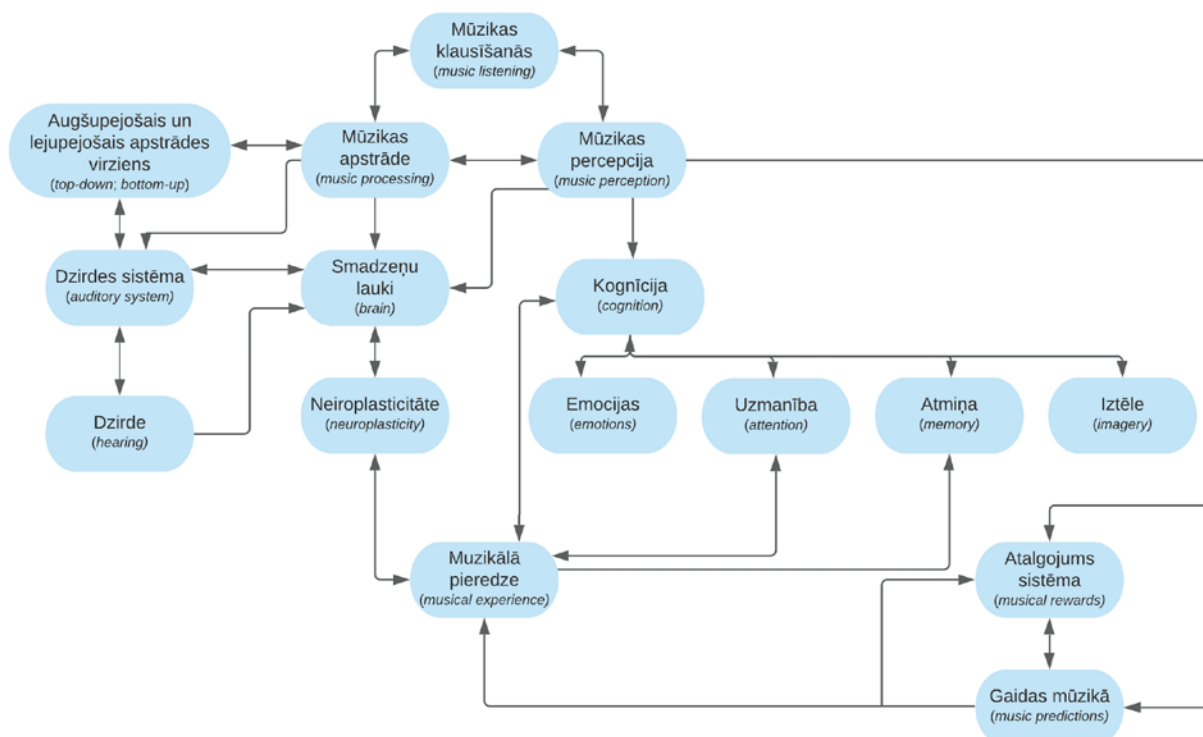
Kā viens no mūzikas apstrādes un smadzeņu lauku aktivizācijas ietekmējošiem faktoriem pētījumos tiek minēta muzikālā pieredze (*musical experience*) (Schlaug, 2001; Trainor, Shahin, & Robberts, 2003; D'Ausilio, Altenmüller, Belardinelli, & Lotze, 2006; Fujioka, Ross, Kakigi, Pantev, & Trainor, 2006; Seppänen, Braticco, & Tervaniemiet, 2007; Jentschke & Koelsch, 2009; Kraus & Chandrasekaran, 2010; Strait et al., 2010; Seither-Preisler, Parncutt, R., & Schneider, 2014; Kraus & Slater, 2015; Serrallach et al., 2016; Benner et al., 2017). Kopumā muzikālā pieredze veidojas gan implicīto un eksplicīto zināšanu rezultātā, gan muzikāla treniņa ceļā, raksturojot smadzeņu neuroplastiskumu (*neuroplasticity*) (Schlaug, 2001; Trainor et al., 2003; D'Ausilio et al., 2006; Fujioka et al., 2006; Kraus & Chandrasekaran, 2010; Seither-Preisler et al., 2014; Kraus & Slater, 2015).

Savukārt saistībā ar mūzikas percepciju mūzikas klausīšanās laikā līdzās smadzeņu garozas lauku aktivizācijai (Altenmüller et al., 2002; Schneider & Wengenroth, 2009) tiek skarti arī ar kognīciju (*cognition*) (Altenmüller et al., 2000; Koelsch & Siebel, 2005; Peretz & Zatorre, 2005; Stewart et al., 2006; Pearce & Wiggins, 2012; Rohrmeier & Koelsch, 2012; Särkämö et al., 2013; Hausmann et al., 2016) saistīti jautājumi. Tostarp tiek skatīti tādu kognitīvo procesu aktivizācijas īpašības mūzikas klausīšanās laikā kā uzmanība (*attention*) (Janata, Tillmann, & Bharucha, 2002; Strait et al., 2010; Spence & Santangelo, 2010; Putkinen, Saarikivi, & Tervaniemi, 2013; Särkämö et al., 2013; Serrallach et al., 2016; Disbergen et al., 2018), atmiņa (*memory*) (Peretz & Zatorre, 2005; Strait et al., 2010; Särkämö et al., 2013; Turker, Reiterer, Seither-Preisler, & Schneider, 2017), emocijas (*emotions*) (Altenmüller et al., 2002; Janata et al., 2002; Peretz & Zatorre, 2005; Salimpoor, Benovoy, Longo, Cooperstock, & Zatorre, 2009; Särkämö et al., 2013; Koelsch, 2010; Hausmann et al., 2016), iztēle (*imagery*) (Zatorre, Halpern, 2005). Tādējādi iepriekš izvirzītais apgalvojums par mūzikas klausīšanas kā par kognitīvu darbību tiek pamatots ar atsevišķu kognitīvo procesu saistītajiem problēmjautājumiem.

Pētījumos par mūzikas percepciju un mūzikas apstrādi tiek skaidrota arī gaidu sistēmas darbība (Winkler et al., 2009; Pearce & Wiggins, 2012; Rohrmeier & Koelsch, 2012; Salimpoor, Zald, Zatorre, Dagher, & McIntosh, 2015), kā arī atalgojuma sistēmas saikne ar pozitīvo emocionālo pārdzīvojumu mūzikas klausīšanās laikā (Salimpoor et al., 2009; Mas-Herrero, Marco-Pallares, Lorenzo-Seva, Zatorre, & Rodriguez-Fornells, 2013; Salimpoor et al., 2015), kas

ļauj gan gaidu sistēmu (*music predictions*), gan atalgojuma sistēmu (*musical rewards*) izvirzīt kā mūzikas klausīšanās procesu skaidrojošos atslēgas vārdus.

Visi iepriekšējās rindkopās izceltie mūzikas klausīšanos raksturojošie komponenti raksturo atšķirīgu ar mūzikas klausīšanos saistītu rakursu. Tie apkopoti vienotā grafiskā attēlojumā (skat. attēlu nr. 1), kurā atspoguļots mūzikas klausīšanās procesu skaidrojošo jēdzienu kopums. Literatūras avotos tika rastas atbildes arī par izvirzīto komponentu savstarpējo mijiedarbi un nozīmi mūzikas klausīšanās procesā.



1.attēls. *Mūzikas klausīšanās komponenti*  
 Figure 1 *Components of Music Listening*

Mūzikas klausīšanās norises pamatā, neatkarīgi no *mūzikas* veida, ir kompleksa akustiskās informācijas apstrāde. To raksturo plašs jēdzienu klāsts, kas izcelts gan iepriekšējās rindkopās, gan apkopoti attēlā nr. 1. Turklāt visi izceltie atslēgas vārdi var tikt apzīmēti kā klausīšanās perceptīvie (*perceptual*) aspekti, norādot uz visu ar informācijas izziņu saistīto uzdevumu vienotu apkopojumu (Putniņš et al., 2016, 100). Starp šiem jēdzieniem pastāv mijiedarbe, kas tiek raksturota turpmāk.

## Mūzikas klausīšanās perceptīvo aspektu mijiedarbe *Perceptual Aspects of Music Listening*

Jebkurš akustisks kairinājums, tostarp arī mūzikas skaņas, sākotnēji aktivizē dzirdes sistēmu, bet pēcāk arī sarežģītu smadzeņu garozas lauku apstrādes mehānismu, kas kopumā tiek dēvēts par mūzikas percepciju (Särkämö et al., 2013). Tas nozīmē, ka akustiskā informācija caur dzirdes sistēmas mehānismu tiek novadīta līdz apstrādei dzirdes garozā, vispirms aktivizējot deniņu daivā lokalizēto pirmējo dzirdes lauku. Savukārt turpmākajā apstrādē tiek iesaistīts hierarhiski un funkcionāli izkārtots smadzeņu lauku tīklojums deniņu, pieres un paura daivās (Särkämö et al., 2013; Angulo-Perkins et al., 2014). To aktivizācija ir nepieciešama, lai saņemtā informācija varētu tikt apzināti novērtēta un analizēta (Alberti, 2012).

Viena no smadzeņu garozas neirofizioloģiskajām īpatnībām ir mūzikas apstrādes hierarhiskums. To raksturo atziņas par dzirdes pirmējas (primāras), otrējas (sekundāras) un trešējas (tercāras) apstrādes smadzeņu laukiem. Tie ļauj spriest par savstarpējām funkcionālām atšķirībām kopējā mūzikas izziņā. Katram no šiem hierarhiski izklāstītiem līmeņiem ir noteiktas muzikālās informācijas apstrādes funkcijas. Turklāt katrs no šiem apstrādes līmeņiem tiek aktivizēts paralēli, katram līmenim vienlaikus analizējot atbilstošos mūzikas komponentus (Altenmüller et al., 2000).

Paralēlā un hierarhiski izkārtotā mūzikas apstrādē pirmējas apstrādes lauki ir vistiešāk saistīti ar kairinātāju un tie atpazīst skaņas pamatparametrus. Par primāras apstrādes lauku tiek uzskatīts Hešla krokā (*gyri temporales transversi*) lokalizētais pirmējais dzirdes centrs. Tā aktivizācija ir būtiska, lai nodrošinātu sekmīgu akustiskās informācijas turpmāko analīzi sekundāras un tercāras apstrādes laukos (Altenmüller et al., 2000). Par sekundāras apstrādes lauku tiek uzskatīts līdzenaļs galvaskausa laukums zem apakšējās deniņu līnijas jeb *planum temporale*, kas atrodas dzirdes garozā, Hešla krokas aizmugurējā daļā (Baars & Gage, 2013; Benner et al., 2017). Savukārt tercāras apstrādes lauki atrodas viscaur smadzeņu garozā un tie tiek raksturoti kā lauku tīklojums dzirdes, pieres un paura daivās (Särkämö et al., 2013).

Dzirdes garozā lokalizētā Hešla kroka nereti kļūst par izpētes objektu mūzikas neirozinātniskos pētījumos. Šāda tendence saistīta ar Hešla krokas kā dzirdes lauka īpašībām. Novērots, ka akustiskas stimulācijas laikā tiek aktivizētas visas Hešla krokas daļas (Benner et al., 2017). Tā funkcijas kopējā mūzikas apstrādē ir agrīnā sensorā analīze (Baars & Gage, 2013). To nodrošina gan iepriekš minētais pirmējais dzirdes lauks, kas atbild par skaņas pamata parametru agrīno apstrādi, gan arī tam līdzās izvietotais sekundārais dzirdes centrs. Šī lauka aktivitāte saistīta ar agrīnu kompleksas akustiskās informācijas analīzi, piemēram,

skaņaugstuma izmaiņu, intervālu un melodiju kontūru analīzi (Peretz & Zatorre, 2005), metra un ritma paternu identificēšanu (Wessinger et al., 2001; Serralach et al., 2016) un tembra atšķiršanu (Schneider & Wengenroth, 2009).

Līdzās Hešla krokai mūzikas apstrādes procesā aktivizējas līdzēnais galvaskausa laukums zem apakšējās deniņu līnijas (*planum temporale*) (Schneider et al., 2005; Baars & Gage, 2013; Bernhofs, 2013, 45), kas tiek uzskatīts arī par sekundāras apstrādes lauku jeb asociatīvo lauku (Stewart et al., 2006). Šī lauka aktivitāte saistīta ar kompleksu mūzikas parametru analīzi. Pētījumos novērots, ka lai gan *planum temporale* līdz ar Hešla kroku aktivizējas jebkura akustiska stimula apstrādē, tostarp valodas, mūzikas, trokšņu u.c. (Binder et al., 2000; Angulo-Perkins et al., 2014), to aktivitātē manāmas atšķirības. Piemēram, *planum temporale* izteiktāka apstrādes aktivitāte ir saistīta ar verbālu, t. sk. valodas, stimulu apstrādi. Turpretim Hešla krokas izteiktāka aktivitāte ir manāma neverbālu, t.sk. muzikālu, skaņas avotu apstrādē (Schneider & Wengenroth, 2009; Baars & Gage, 2013). Līdz ar to var spriest, ka abiem dzirdes garozā lokalizētajiem laukiem ir ne tikai atšķirīgas hierarhiskās apstrādes funkcijas, bet to aktivitāte saistāma arī ar atšķirīgu stimulu apstrādi.

Augstāk raksturotās mūzikas apstrādes īpašības ir saistītas galvenokārt ar dzirdes garozā lokalizētajiem laukiem. Tomēr mūzikas klausīšanās ir saistīta ar kompleksu apstrādes procesu, ko nodrošina plašs smadzeņu lauku tīklojums gan dzirdes garozā, gan dziļākās struktūrās. Pētījumos novērots, ka mūzikas klausīšanās laikā manāma mijiedarbe starp deniņu un pieres daivā esošajiem laukiem, t.i. dzirdes un motoriskajā garozā (Janata et al., 2002; D'Ausilio et al., 2006; Särkämö et al., 2013). Tas ir saistīts ar cilvēka spēju iztēloties motorās darbības mūzikas klausīšanās laikā (Janata et al., 2002). Savukārt mijiedarbe starp deniņu, pieres un paura daivas laukiem norisinās tādu darbību laikā kā uzmanīga sekošana līdz mūzikai, kas prasa uzmanības un atmiņas iesaisti (Janata et al., 2002; Särkämö et al., 2013).

Pētījumos novērots, ka smadzeņu garozā kopumā pastāv atšķirības dažādu stimulu apstrādē. Pereca un kolēģi (Peretz & Zatorre, 2005) izveidojuši mūzikas percepcijas modeli smadzeņu garozā, kurā norādīts, ka labās puslodes lauki izteiktāk saistīti ar melodisko komponentu analīzi, bet kreisās puslodes – ar temporālo. Šāds skatījums ļauj pētniekiem spriest par mūzikas apstrādes lokalizāciju labajā puslodē un valodas apstrādi – kreisajā puslodē (Särkämö et al., 2013). Līdz ar to tiek secināts, ka dažādi smadzeņu garozas lauki abās puslodēs tiek atšķirīgi aktivizēti dažādu stimulu apstrādē. Labās puslodes dzirdes garozā izteiktāka aktivitāte manāma mūzikas, bet kreisajā – lingvistiskas informācijas analīze.

Iepriekš minētie piemēri ļauj secināt, ka smadzeņu garozas neirofizioloģiju raksturo funkcionālas atšķirības akustiskās informācijas parametru apstrādē. Tomēr vēl viena smadzeņu garozas īpašība ir neiroplasticitāte, kas var ietekmēt

apstrādes norisi (Altenmüller et al., 2000; Fujioka et al., 2006). Tādējādi iegūstot arvien jaunu muzikālo informāciju, smadzeņu garozas struktūra tiek nepārtraukti pārveidota, jo atkārtotu darbību rezultātā tiek veidoti arvien jauni un stiprināti jau esošie neirālie sazarojumi. Līdz ar to vienas un tās pašas darbības veikšanā iesaistās arvien lielāks daudzums neironu (Fujioka et al., 2006) un tādējādi tiek nodrošināta efektīvāka un noturīgāka mūzikas apstrāde.

Mūzikas perceptīvajā apstrādē iesaistās vairāki paralēli, anatomiski izkārtoti un fizioloģiski atšķirīgi dzirdes ceļi. Tie nodrošina mūzikas paralēlapstrādi virzienā no auss uz smadzeņu garozu, ko dēvē par augšupejošo informācijas apstrādes procesu (*bottom-up*), un otrādāk – virzienā no smadzeņu garozas uz perifēro dzirdes sistēmu, kas tiek dēvēts par lejupejošo informācijas apstrādes procesu (*top-down*) (Middlebrooks, 2009; Moore, 2012). Posmā no perifērās dzirdes sistēmas uz smadzeņu garozu un otrādāk šie ceļi krustojas zemgarozas laukos, precīzāk vidussmadzeņu ceļa kodolā (*nucleus mesencephalic*), sasniedzot pirmējo dzirdes lauku dzirdes garozā (Middlebrooks, 2009; Kraus & Chandrasekaran, 2010). Tomēr jāmin, ka deniņu daivā lokalizētā dzirdes garoza nav noslēdzošais posms informācijas apstrādes ceļā, bet tā kalpo kā centrs, kas sekmē informācijas apstrādi citviet smadzeņu garozas laukos (Baars & Gage, 2013). Tādējādi, ņemot vērā visus minētos apstrādes komponentus, tiek secināts, ka abi apstrādes virzieni vienlaicīgās aktivitātes dēļ nodrošina mijiedarbi starp zemgarozas un smadzeņu garozas laukiem, kas aktivizējas mūzikas perceptīvajā apstrādē.

Mūzikas klausīšanās laikā notiek aktīvs akustiskās informācijas apstrādes process, kura ietvaros tiek sekmēts informācijas izziņas process. Zinātniskajā literatūrā par mūzikas klausīšanos visbiežāk tiek minēti tādi kognitīvie komponenti kā uzmanība, atmiņa un emocijas (Altenmüller et al., 2000; Altenmüller et al., 2002; Janata et al., 2002; Peretz & Zatorre, 2005; Salimpoor et al., 2009; Koelsch, 2010; Särkämö et al., 2013; Hausmann et al., 2016; Disbergen et al., 2018), kas tiek uzskatīti par primārajiem jeb agrīno pamatapstrādi nodrošinošiem kognitīvajiem procesiem. Katram no tiem ir savas funkcijas, kas kopumā nodrošina indivīda spēju klausīšanās laikā uztvert, analizēt mūziku un reaģēt uz to.

Viens no jēdzieniem, kas tiek lietots, lai raksturotu mūzikas klausīšanās perceptīvo aspektu individualizāciju, ir muzikālās zināšanas (*musical knowledge*, dažkārt arī *musical expertise*) (Hannon & Trainor, 2007; Angulo-Perkins et al., 2014; Salimpoor et al., 2015). Tiek uzskatīts, ka cilvēks iegūst divu veidu muzikālās zināšanas: implicītās un eksplīcītās. Implicītās zināšanas tiek iegūtas nepastarpinātā veidā, ikdienā klausoties mūziku un tādējādi apgūstot kultūrspecifiskus muzikālus modeļus (Koelsch & Siebel, 2005). Tāpēc citkārt implicītās zināšanas tiek dēvētas arī par cilvēka klausīšanās pieredzi (Hannon &

Trainor, 2007). Šādā veidā Rietumeiropas muzikālajā telpā esošajam klausītājam rodas priekšstats par skaņaugstumu un skaņkārtiskajām funkcijām, kā arī metrisko regularitāti (Tillmann, Bharucha, & Bigand, 2003; Putkinen et al., 2013). Cilvēks spēj precīzi ritmizēt, dejot, atcerēties pazīstamas melodijas un noteikt nesaderīgās skaņas, kā arī reaģēt emocionāli uz klausāmo mūziku (Corrigall & Trainor, 2010). Tādējādi implicītās zināšanas raksturo cilvēka muzikālās pamatprasmes.

Savukārt eksplīcītās zināšanas ir saistītas ar tādu mūzikas apguves procesu, kas attīstīta cilvēka mūzikas percepcijas un reproducēšanas prasmes augstā līmenī (Hannon & Trainor, 2007). Tās tiek iegūtas, vairākkārtīgi saskaroties ar vienu un to pašu muzikālo darbību un materiālu (Salimpoor et al., 2015). Tādējādi eksplīcītās zināšanas ir saistītas ar formālo mūzikas apmācību, ar to saprotot, piemēram, mūzikas instrumenta apguvi mūzikas skolā un citās izglītības iestādēs. Citkārt šādu zināšanu ieguves procesu dēvē par muzikālo treniņu (Drake & Bertrand, 2003; Fujioka et al., 2006). Šādu zināšanu ieguves rezultātā apgūtās muzikālās prasmes rada ne tikai izpratni par mūzikas valodas loģiku, bet tās tiek reproducētas arī darbībā, piemēram, atskaņojot skaņdarbu vai lasot nošu partitūru (Hannon & Trainor, 2007; Putkinen et al., 2013). Un šādā veidā iegūtās zināšanas sekmē cilvēka spēju analizēt mūziku, atpazīstot un raksturojot arī specifiskus mūzikas valodas elementus.

Uzkrājot zināšanas par mūziku veidojošiem elementiem, veidojas divu veidu muzikālās gaidas. Viena no tām ir saistīta ar mūzikas strukturālo izklāstu un atbild uz jautājumu, ko gaidīt un paredzēt. Savukārt otra ir saistīta ar mūzikas temporālo izklāstu un atbild uz jautājumu, kad gaidīt (Rohrmeier & Koelsch, 2012). Turklāt mūzikas klausīšanās procesā notiek abu virzienu mijiedarbe. Tātad mūzikas temporālie aspekti, t.i., metroritma aspekti, sekmē strukturālo aspektu priekšnojautas veidošanos un otrādi. Iegūstot zināšanas par mūzikas struktūru un temporālo izklāstu, tiek sekmēta arī lielāka mijiedarbe starp abiem procesiem. Līdz ar to cilvēkiem, kam šīs zināšanas ir iegūtas, atrisinājuma akords ārpus metriskās kadences zonas šķiet nelaikā (Rohrmeier & Koelsch, 2012), t.i. pārāk agri vai ar novēlošanos. Var secināt, ka muzikālās zināšanas sekmē kopējo mūzikas valodas likumsakarību izpratni, kas rezultējas arī smadzeņu neurofizioloģiskajās izmaiņās un muzikālo gaidu veidošanās efektivitātē.

Muzikālās zināšanas un tādējādi arī muzikālās gaidas var tikt skatītas arī kā sensorās, kognitīvās un emocionālās sistēmas mijiedarbes rezultāts (Salimpoor et al., 2015). Sensorā sistēma, t.i., dzirdes sistēma, sekmē ienākošā akustiskā stimula primāro apstrādi. Pēcāk tas tiek salīdzināts ar atmiņā uzglabātajām zināšanām, kā rezultātā tiek veidotas arī iespējamās gaidas. Ņemot vērā, ka atmiņā tiek noglabāta dažāda līmeņa informācija, gan konkrētā brīdī apstrādei pakļautā un reāli skanošā mūzika, gan zināšanu veidā uzkrātā un iepriekš dzirdētā mūzika (Rohrmeier & Koelsch, 2012), šis kognīcijas aspekts ļauj klausītājam orientēties un veidot dažāda līmeņa muzikālās gaidas. Tas nozīmē, ka cilvēks klausīšanās



procesā spēj ne tikai paredzēt lokālu, t.i., konkrētas muzikālās struktūras turpinājumu, bet arī parametru plašāku attīstību, piemēram mūzikas formas attīstību.

Savukārt emociju sistēma zināšanu un muzikālo gaidu kontekstā ir saistīta ar pozitīva pārdzīvojuma veidošanos. Klausoties mūziku kā akustisku notikumu plūsmu un paredzot to turpinājumu (Salimpoor et al., 2015), cilvēks pārdzīvo emocionālu reakciju (Koelsch, 2010). Tā veidojas atalgojuma prognozēšanas kļūdas (*reward prediction error*) rezultātā, kas raksturo atšķirības starp gaidāmo un reāli saņemto akustisko notikumu (Gold et al., 2019). Tādējādi, ja gaidāmais notikums izrādījies tāds pats vai labāks nekā paredzēts, cilvēkam rodas pozitīvas emocijas. Tomēr šo emociju veidošanās ir subjektīvs faktors (Salimpoor et al., 2015). Par to var spriest arī no klausītāju dažādiem spriedumiem par mūziku. Piemēram, skaņdarbs, kas patīk vienam, var nepatīkt kādam citam tikpat pieredzējušam klausītājam.

Vēl viens būtisks atšķirības raksturojošs faktors ir muzikālais treniņš (*musical training* un *musical practice*). Turklāt literatūrā līdzās šim apzīmējumam parādās arī tādi vārdi kā mūziķis (*musician*) un nemūziķis (*nonmusician*), kas atšķir cilvēkus ar vai bez muzikālā treniņa. Šis secinājums izriet no novērojuma, ka pētījumos par mūzikas perceptīvās apstrādes atšķirībām respondenti tiek iedalīti divās grupās: mūziķis vai nemūziķis (Schneider et al., 2005; Mass-Herrero et al., 2013; Angulo-Perkins et al., 2014; Serrallach et al., 2016). Turklāt nereti izvēlētie respondenti, šajā gadījumā mūziķi, tiek aptaujāti par to, cik bieži un ilgi viņi velta laiku muzikālo prasmju attīstībai. Tas ļauj pētniekiem secināt par likumsakarībām starp muzikālā treniņa intensitāti un mūzikas perceptīvās apstrādes norises atšķirībām. Muzikālais treniņš tiek saprasts kā praktiska mūzikas instrumenta spēle vai arī citu muzikālo prasmju, piemēram, dziedāšana vai diriģēšana, regulāra attīstīšana.

Šnaiders un kolēģi, kā arī citi autori (Schneider et al., 2005; Schneider & Wengenroth, 2009; Seither-Preisler et al., 2014; Benner et al., 2017) novērojuši, ka starp indivīdiem pastāv būtiskas Hešla krokas formas, izmēra un krokojuma atšķirības. Tās morfoloģija variējas sākot no viena veseluma līdz pat trīskāršam krokojumam. Tieši Hešla krokas morfoloģiskās atšķirības raksturo perceptīvo aspektu individualizāciju. Ir novērots, ka mūziķiem Hešla krokas uzbūve abās smadzeņu puslodēs ir vairāk rievota un krokota, un tādējādi arī izmēra ziņā lielāka, turpretim nemūziķiem ir raksturīga viendabīga Hešla kroka, kas izmēra ziņā ir salīdzinoši mazāka (Schneider & Wengenroth, 2009). Tas nozīmē, ka lauks, kas atbild par mūzikas pamatparametru analīzi, mūziķu dzirdes garozā pārklāj lielāku daļu. Tiek pausta atziņa, ka tas ir saistīts arī ar palielinātu muzikālās informācijas apstrādes spēju, kas raksturīga cilvēkiem, kas guvuši muzikālo treniņu (Schneider et al., 2005). Turklāt arī muzikālā treniņa intensitāte

un vecums, kurā tas uzsākts, korelē ar Hešla krokas morfoloģiskajiem rādītājiem (Benner et al., 2017). Ar to tiek saprasts, ka, jo intensīvāks muzikālais treniņš un jo agrākā vecumā tas uzsākts, jo lielāks Hešla krokas izmērs, ko sekmē tai raksturīgais krokojums un dalījums. Savukārt tas ļauj secināt, ka tiek atšķirīgi ietekmēta arī perceptīvās apstrādes efektivitāte.

Katram klausītājam ikdienas dažādo situāciju dēļ veidojas individuālas mūzikas perceptīvo aspektu iezīmes (Peretz & Zatorre, 2005). Lai apzīmētu šīs atšķirības kopumā, var tikt izmantots tāds vārdu savienojums kā muzikālā pieredze (*musical experience*). Šāds apzīmējums bieži dzirdams gan ikdienas sarunvalodā, gan pētniecības praksē. Piemēram, lai raksturotu indivīdus ar augstiem muzikāliem sasniegumiem, nereti tiek izmantoti tādi vārdi kā *pieredzes bagāts* vai *pieredzējis*. Dažkārt muzikālās pieredzes apzīmējums tiek lietots, lai norādītu, ka mūziķis daudzu gadu garumā ir apguvis savu instrumentspēli, piedalījies neskaitāmās koncertprogrammās utt. Arī zinātniskajā literatūrā ar mūzikas klausīšanos saistītajās teorijās (Koelsch & Siebel, 2005; Fujioka et al., 2006; Hannon & Trainor, 2007; Särkämö et al., 2013; Turker et al., 2017) šis vārdu savienojums tiek lietots, lai raksturotu vispārējas atšķirības, kas tiek sekmētas saskarē ar mūziku un tās dažādajām izpausmēm, tostarp saskarē ar muzikālo zināšanu iegūvi un muzikālo treniņu. Par muzikālās pieredzes kā par individualizācijas faktoru vispārinājumu var spriest arī no literatūrā sniegtajiem dažādiem apzīmējumiem. Dažkārt manāms, ka muzikālā pieredze tiek saprasta, kā cilvēka saskarsme un mijiedarbe ar viņa kultūrai specifisko mūziku, kā rezultātā tiek iegūtas zināšanas par šo muzikālo sistēmu (Corrigall & Trainor, 2010). Noprotams, ka šajā gadījumā viens no būtiskākajiem saskarsmi nodrošinošiem veidiem ir klausīšanās. Citkārt tiek lietots tāds vārdu savienojums kā dzīves laikā iegūta skaņu pieredze (Kraus & Chandrasekaran, 2010), lai norādītu uz cilvēka muzikālo pieredzi. Savukārt Altenmillers muzikālo pieredzi apzīmē kā indivīda dzirdes biogrāfiju (*auditory biography*) (Altenmüller et al., 2000, 105). Ar to tiek saprasts, ka klausīšanās laikā saņemtā informācija veido noturīgus neirālos sazarojumus un veido cilvēka muzikālo pieredzi.

Par muzikālās pieredzes kā par individualizācijas faktoru vispārinājumu var spriest arī no pētījumiem, kuros skatīta muzikālās pieredzes korelācija ar perceptīvo aspektu izmaiņām. Tostarp ir pētījumi par smadzeņu neirofizioloģisko īpašību (Peretz & Zatorre, 2005; Kraus & Chandrasekaran, 2010; Angulo-Perkins et al., 2014; Serrallach et al., 2016; Alluri et al., 2017), kognīcijas un emociju (Peretz & Zatorre, 2005) izmaiņām saskarsmē ar muzikālajām darbībām. Tādējādi muzikālā pieredze var tikt lietota, lai apzīmētu mūzikas perceptīvo aspektu mijiedarbes individualizāciju, jo tās rezultātā tiek atšķirīgi ietekmēti perceptīvie aspekti.

Var secināt, ka mūzikas klausīšanos nodrošina dažāda līmeņa aspektu mijiedarbe: gan perceptīvo aspektu savstarpējā mijiedarbe, gan perceptīvo un

pieredzes aspektu savstarpējā mijiedarbe. Mijiedarbes nodrošinātāji ir augšupejošais sensorais un lejupejošais kognitīvais mūzikas apstrādes process. Šajā mijiedarbē augšupejošais informācijas apstrādes process sekmē akustiskās informācijas, tostarp arī mūzikas pamatapstrādi, bet lejupejošais – tās analīzi un salīdzināšanu ar atmiņā noglabāto iepriekšējo muzikālo pieredzi. Šī mijiedarbe notiek vienlaicīgi un nepārtraukti, t.i., muzikālā pieredze katrreiz ietekmē mūzikas perceptīvās apstrādes aspektus. Tādējādi muzikāli pieredzējuši indivīdi spēj efektīvāk izvēlēties klausīšanās veidu, analizēt akustisko informāciju, identificēt un visbeidzot arī daudzveidīgi reaģēt (Kraus & Chandrasekaran, 2010).

### **Secinājumi** **Conclusions**

Mūzikas klausīšanās perceptīvo aspektu mijiedarbi var raksturot kā individualizētu apstrādes procesu, ko sekmē cilvēka muzikālā pieredze. Katram indivīdam muzikālās pieredzes dēļ ir izveidojies atšķirīgs jeb individualizēts mūzikas klausīšanās perceptīvo aspektu mijiedarbes process. Tas nozīmē, ka mūzikas klausīšanās kā darbības efektīvākai perceptīvajai norisei nepieciešama muzikālā pieredze, piemēram, muzikālo zināšanu uzkrāšana vai muzikālais treniņš. Turklāt mūzikas klausīšanās var būt arī par darbības formu, kādā tiek uzkrāta nepieciešamā muzikālā pieredze. Kopumā šāda mērķtiecīga virzība var sekmēt cilvēka klausīšanās prasmes – klausīties uzmanīgi, vērīgi, plaši, daudzveidīgi, mērķtiecīgi, zinoši.

### **Summary**

Music listening is an important and seemingly ordinary human activity. From a psychological perspective on music, music listening may be described as a cognitive activity. It is indicated that even passive listening to music activates complex perceptual processes. Thus, music psychologists have attempted to explain this particular concept. The aim of this paper is to give an insight into the perceptual components that are connected to the process of listening to music.

Research findings have shown that music listening involves complex and continuous music processing and music perception. With regard to this, a number of researchers have described how acoustic information is processed in the auditory system and cerebral cortex also pointing out the cognitive top-down and sensory bottom-up processing as a significant feature of the interaction of all perceptual components mentioned above. In addition, the music processing is influenced by musical experience that can be acquired through musical knowledge and musical training. Due to neuroplasticity of the brain, musical experience contributes to neuropsychological changes in the above-mentioned processing components. Regarding music perception, researchers describe all cognitive processes that are involved in music listening, including attention, memory, emotions and imagery. Similarly, expectations in music and music reward system are described. These findings focus on the rewarding aspects and positive

emotional arousal of listening to music. All findings mentioned above are summarized in order to develop an integrated theoretical review of listening to music.

This paper gives evidence that it is possible to consider listening to music as an individualized perceptual process, fostered by musical experience. It means that in order to listen more effectively to music, experience should be obtained through musical knowledge or musical training. In addition, necessary musical experience may be gained from merely listening to music. Overall, the result of such activity makes it possible for individuals to develop listening skills and listen to music more attentively, in a versatile manner as well as purposefully and sophisticatedly.

### Literatūras saraksts

#### References

- Alberti, P. W. (2012). The anatomy and physiology of the ear and hearing. *World Health Organization*. Retrieved from [https://www.who.int/occupational\\_health/publications/noise2.pdf](https://www.who.int/occupational_health/publications/noise2.pdf)
- Alluri, V., Toiviainen, P., Burunat, B., Kliuchko, M., Vuust, P. & Brattico, E. (2017). Connectivity patterns during music listening: Evidence for action-based processing in musicians. *Human Brain Mapping*, 38, 2955-2970. <https://doi.org/10.1002/hbm.23565>
- Altenmüller, E., Bangert, M., & Gruhn, W. (2000). How the brain processes music. *Medical Problems of Performing Artists*, 15, 99-106. Retrieved from [https://www.researchgate.net/publication/242769159\\_How\\_the\\_Brain\\_Processes\\_Music](https://www.researchgate.net/publication/242769159_How_the_Brain_Processes_Music)
- Altenmüller, E., Schürmann, K., Lim, V. K., & Parlitz, D. (2002). Hits to the left, flops to the right: Different emotions during listening to music are reflected in cortical lateralization patterns. *Neuropsychologia*, 40, 2242-2256. [https://doi.org/10.1016/S0028-3932\(02\)00107-0](https://doi.org/10.1016/S0028-3932(02)00107-0)
- Angulo-Perkins, A., Aubé, W., Peretz, I., Barrios, F. A., Armony, J. L., & Concha, L. (2014). Music listening engages specific cortical regions within the temporal lobes: Differences between musicians and non-musicians. *Cortex*, 59, 126-137. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2014.07.013>
- Baars, B. J., & Gage, N. M. (2013). *Fundamentals of Cognitive Neuroscience: A Beginner's Guide*. United States: Academic Press.
- Benner, J., Wengenroth, M., Reinhardt, J., Stippich, C., Schneider, P., & Blatow, M. (2017). Prevalence and function of Heschl's gyrus morphotypes in musicians. *Brain Structure and Function*, 222(8), 3587-3603. <https://doi.org/10.1007/s00429-017-1419-x>
- Bernhofs, V. (2013). *Skaņaugstuma un ritma struktūras dzirdes uzmanības treniņam*. Promocijas darbs mākslas doktora zinātniskā grāda (Dr. art.) iegūšanai. Rīga: Jāzepa Vītola Latvijas Mūzikas akadēmija.
- Binder, J. R., Frost, J. A., Hammeke, T. A., Bellgowan, P. S. F., Springer, J. A., Kaufman, J. N., & Possing, E. T. (2000). Human temporal lobe activation by speech and nonspeech sounds. *Cerebral Cortex*, 10(5), 512-528. <https://doi.org/10.1093/cercor/10.5.512>
- Corrigall, K. A., & Trainor, L. J. (2010). Musical enculturation in preschool children: Acquisition of key and harmonic knowledge. *Music Perception*, 28(2), 195-200. <https://doi.org/10.1525/mp.2010.28.2.195>
- D'Ausilio, A., & Altenmüller, E., & Belardinelli, M., & Lotze, M. (2006). Cross-modal plasticity of the motor cortex while listening to a rehearsed musical piece. *European Journal of Neuroscience*, 24, 955-958. <https://doi.org/10.1111/j.1460-9568.2006.04960.x>

- Deutsch, D. (2007). Music perception. *Frontiers in Bioscience*, 12, 4473–4482. <https://doi.org/10.1121/1.2017516>
- Disbergen, N. R., Valente, G., Formisano, E., & Zatorre, R. J. (2018). Assessing top-down and bottom-up contributions to auditory stream segregation and integration with polyphonic music. *Frontiers in Bioscience*, 12(121), 1-16. <https://doi.org/10.3389/fnins.2018.00121>
- Drake, C., & Bertrand, D. (2003). The quest for universals in temporal processing in music page. In I. Peretz & R. J. Zatorre, *The Cognitive Neuroscience of Music* (pp 21-31). New York: Oxford University Press.
- 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 musicians. *Brain*, 129, 2593-2608. <https://doi.org/10.3389/fnins.2018.00121>
- Gold, B. P., Mas-Herrero, E., Zeighami, Y., Benovoy, M., Dagher, A., & Zatorre, R. J. (2019). Musical reward prediction errors engage the nucleus accumbens and motivate learning. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116(8), 3310-3315. <https://doi.org/10.1073/pnas.1809855116>
- 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/10.1073/pnas.1809855116>
- Hausmann, M., Hodgetts, S., & Eerola, T. (2016). Music-induced changes in functional cerebral asymmetries. *Brain and Cognition*, 104, 58–71. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2016.03.001>
- Janata, P., Tillmann, B., & Bharucha, J. (2002). Listening to polyphonic music recruit's domain-general attention and working memory circuits. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 2(2), 121–140. <https://doi.org/10.3758/CABN.2.2.121>
- Janzen, T. B., & Thaut, M. H. (2018). Cerebral organization of music processing. In M. H. Thaut & D. A. Hodges (Eds.), *The Oxford Handbook of Music and The Brain* (pp 1-41). New York: Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780198804123.013.6>
- Jaušovec, N., & Habe, K. (2004). The influence of auditory background stimulation (Mozart's Sonata K. 448) on visual brain activity. *International Journal of Psychophysiology*, 51(3), 261-271. [https://doi.org/10.1016/S0167-8760\(03\)00227-7](https://doi.org/10.1016/S0167-8760(03)00227-7)
- Jentschke, S., & Koelsch, S. (2009). Musical training modulates the development of syntax processing in children. *NeuroImage*, 47, 735–744. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2012.00603>
- Koelsch, S., & Siebel, W. A. (2005). Towards a neural basis of music perception. *Trends in Cognitive Science*, 9(12), 578-584. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2005.10.001>
- Koelsch, S. (2010). Towards a neural basis of music-evoked emotions. *Trends in Cognitive Sciences*, 14(3), 131-137. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2010.01.002>
- Kraus, N., & Chandrasekaran, B. (2010). Music training for the development of auditory skills. *Nature Reviews. Neuroscience*, 11, 599-605. <https://doi.org/10.1038/nrn2882>
- Kraus, N., & Slater, J. (2015). Music and language: Relations and directions. *Handbook of Clinical Neurology*, 129, 207-222. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-62630-1.00012-3>
- Mas-Herrero, E., Marco-Pallares, J., Lorenzo-Seva, U., Zatorre, R. J., & Rodriguez-Fornells, A. (2013). Individual differences in music reward experiences. *Music Perception*, 31(2), 118-138. <https://doi.org/10.1525/MP.2013.31.2.118>

- McDermott, J. H., & Oxenham, A. J. (2008). Music perception, pitch, and the auditory system. *Current Opinion in Neurobiology*, 18, 452-463. <https://doi.org/10.1016/j.conb.2008.09.005>
- Middlebrooks, J. C. (2009). Auditory system: Central pathways. In L. R. Squire (Ed.), *Encyclopedia of Neuroscience* (pp 745-752). Oxford: Elsevier.
- Moore, D. R. (2012). Listening difficulties in children: Bottom-up and top-down contributions. *Journal of Communication Disorders*, 45(6): 411-418. <https://doi.org/10.1016/j.jcomdis.2012.06.006>
- Pearce, M., & Wiggins, G. A. (2006). Expectation in melody: The influence of context and learning. *Music Perception*, 25(5), 377-405. <https://doi.org/10.1525/mp.2006.23.5.377>
- Pearce, M., & Wiggins, G. A. (2012). Auditory expectation: The information dynamics of music perception and cognition. *Topics in Cognitive Science*, 4, 625-652. <https://doi.org/10.1111/j.1756-8765.2012.01214.x>
- Peretz, I., & Zatorre, R. J. (2005). Brain organization for music processing. *Annual Reviews*, 56, 89-114. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.56.091103.070225>
- Putkinen, V., Saarikivi, K., & Tervaniemi, M. (2013). Do informal musical activities shape auditory skill development in preschool-age children? *Frontiers in Psychology*, 4(572), 1-6. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00572>
- Putniņš, A. L.; Raščevska, M. (2016). *Angļu-latviešu psiholoģijas terminu vārdnīca*. Rīga: LU Akadēmiskais apgāds
- Reitan, I. E. (2013). Listening to music – with professional ears. In I.E. Reitan, A. K. Bergby, V. C. Jakhelln, G. Shetelig, & I. F. Øye (Eds). *Aural Perspectives. On Musical Learning and Practice in Higher Music Education* (pp 53-57). Oslo: Norwegian Academy of Music. Retrieved from <https://nmh.brage.unit.no/nmh-xmlui/handle/11250/274226>
- Rohrmeier, M. A., & Koelsch, S. (2012). Predictive information processing in music cognition. A critical review. *International Journal of Psychophysiology*, 83, 164-175. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2011.12.010>
- Salimpoor, V. N., Benovoy, M., Longo, G., Cooperstock, J. R., & Zatorre, R. J. (2009). The reward aspects of music listening are related to degree of emotional arousal. *PLoS ONE*, 4(10), e7487. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0007487>
- Salimpoor, V. N., Zald, D. H., Zatorre, R. J., Dagher, A., & McIntosh, A. R. (2015). Predictions and the brain: How musical sounds become rewarding. *Trends in Cognitive Sciences*, 19(2), 86-91. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2014.12.001>
- Särkämö, T., Tervaniemi, M., & Huotilainen, M. (2013). Music prediction and cognition: Development, neural basis, and rehabilitative use of music. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science*, 4(4), 441-451. <https://doi.org/10.1002/wcs.1237>
- Schlaug, G. (2001). The brain of musicians: A model for functional and structural adaptation. In R. J. Zatorre, I. Peretz, (Eds.), *The Biological Foundations of Music* (281-299). New York: New York Academy of Sciences.
- Schneider, P., Sluming, V., Roberts, N., Scherg, M., Goebel, R., Specht, H. J., ... & Rupp, A. (2005). Structural and functional asymmetry of lateral Heschl's gyrus reflects pitch perception preference. *Nature Neuroscience*, 8(9), 1241-1247. <https://doi.org/10.1038/nn1530>
- Schneider, P., & Wengenroth, M. (2009). The neural basis of individual holistic and spectral sound perception. *Contemporary Music Review*, 28(3), 315-328. <https://doi.org/10.1080/07494460903404402>
- Seither-Preisler, A., Parncutt, R., & Schneider, P. (2014). Size and synchronization of auditory cortex promotes musical, literacy, and attentional skills in children. *The Journal of*

- Neuroscience*, 33(34), 10937–10949. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.5315-13.2014>
- Seppänen, M., Braticco, E., & Tervaniemi, M. (2007). Practice strategies of musicians modulate neural processing and the learning of sound-patterns. *Neurobiology of Learning and Memory*, 87, 236–247. <https://doi.org/10.1016/j.nlm.2006.08.011>
- Serrallach, B., Groß, C., Bernhofs, V., Engelmann, D., Benner, J., Gündert, N., ... & Seither-Preisler, A. (2016). Neural biomarkers for dyslexia, ADHD, and ADD in the auditory cortex of children. *Frontiers in Neuroscience*, 10, 324, 1–20. <https://doi.org/10.3389/fnins.2016.00324>
- Spence, C., & Santangelo, V. (2010). Auditory attention. In C. Plack, (Ed.), *Oxford Handbook of Auditory Science. Hearing* (pp 249-270). New York: Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780199233557.013.0011>
- Stewart, A., Kriegstein, K. von, Warren, J. D., & Griffiths, T. D. (2006). Music and the brain: Disorders of musical listening. *Brain*, 129, 2533–2553. <https://doi.org/10.1093/brain/aw1171>
- Strait, D. L., Kraus, N., Parbery-Clark, A., & Ashley, R. (2010) Musical experience shapes top-down auditory mechanisms: Evidence from masking and auditory attention performance. *Hearing Research*, 261, 22–29. <https://doi.org/10.1016/j.heares.2009.12.021>
- Tillmann, B., Bharucha, J. J., & Bigand, E. (2003). Learning and perceiving musical structures: Further insights from artificial neural networks. In I. Peretz & R. J. Zatorre, (Eds.), *The Cognitive Neuroscience of Music* (pp 109 – 123). New York: Oxford University Press.
- Trainor, L. J., & Shahin, A., & Robbets, 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>
- Turker, S., Reiterer, M. S., Seither-Preisler, A., & Schneider, P. (2017). "When music speaks": Auditory cortex morphology as a neuroanatomical marker of language aptitude and musicality. *Frontiers in Psychology*, 8(2096), 1–17. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.02096>
- Werner, L. A. (2007). Human auditory development. *The Senses: A Comprehensive Reference*, 3, 871-893. <https://doi.org/10.1016/j.jcomdis.2007.03.004>
- Wessinger, C. M., VanMeter, J., Tian, B., Van Lare, J., Pekar, J., & Rauschecker, J. P. (2001). Hierarchical organization of the human auditory cortex revealed by functional magnetic resonance imaging. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 13(1), 1–7. <https://doi.org/10.1162/089892901564108>
- 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>
- Zatorre, R. J., & Halpern, A. R. (2005). Mental concerts: Musical imagery and auditory cortex. *Neuron*, 47(1), 9–12. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2005.06.013>