

# Onko musiikki kehollinen kieleemme? Katsaus kehollisen musiikkikognition teoriaan ja löydöksiin

Ossi Rummukainen

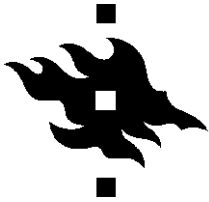
Kandidaatintutkielma

Psykologia

Lääketieteellinen tiedekunta

Huhtikuu 2023

Ohjaajat: Kaisa Tiippana, Mari Tervaniemi



HELSINGIN YLIOPISTO  
HELSINGFORS UNIVERSITET  
UNIVERSITY OF HELSINKI

## Tiivistelmä

**Tiedekunta:** Lääketieteellinen

**Koulutusohjelma:** Psykologian kandidaatintutkinto

**Tekijä:** Ossi Rummukainen

**Työn nimi:** Onko musiikki kehollinen kieleemme? Katsaus kehollisen musiikkikognition teoriaan ja löydöksiin

**Työn laji:** Kandidaatintutkielma

**Kuukausi ja vuosi:** Huhtikuu 2023

**Sivumäärä:** 22

**Avainsanat:** kehollisuus, kognitio, musiikki

**Ohjaajat:** Kaisa Tiippana, Mari Tervaniemi

**Säilytyspaikka:** E-thesis, Helsingin Yliopisto

### Tiivistelmä:

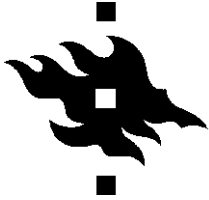
Musiikin ja kehollisuuden suhde viime vuosina kasvattanut suosiotaan musiikkikognition tutkimuksen piirissä. Tämän katsauksen tavoitteena on esitellä kehollisen musiikkikognition paradigmaa: sen ontologisia oletuksia, näkökulmia, pääkäsitteitä ja näitä tukevia löydöksiä. Katsaus tarjoaa toivottavasti uusia ja hyödyllisiä näkökulmia viimeaikaiseen kehitykseen kehollisen musiikkikognition tutkimuksessa lähialoilla toimiville tutkijoille ja opiskelijoille.

Aineiston haussa käytettiin Google Scholaria ja hakusanaa “embodied music cognition”. Katsauksen lähteinä olivat alan vaikutusvaltaisimpien tutkijoiden laajat katsausartikkelit sekä alan merkittävät tutkimusraportit.

Kehollisen (musiikki)kognition teoria perustuu näkemykseen havainnon ja toiminnan kytköksestä, eli näkemykseen aisti- ja motorisen tiedon voimakkaasta vuorovaikutuksesta. Tässä vuorovaikutuksessa kehon rooli on toimia välittäjänä aivojen ja ympäristön välillä. Motorisen järjestelmän ja kognition kaksisuuntaista vuorovaikutusta tukevat useat kokeelliset tutkimukset.

Toinen tärkeä taustateoria musiikkikognition kentässä on dynaamisten systeemien teoria, minkä myötä musiikillista vuorovaikutusta tarkastellaan kehon ja mielen eri systeemien sekä ympäristön välisenä dynaamisena vuorovaikutuksena. Useat empiiriset tutkimukset korostavat, että musiikillinen vuorovaikutus ilmenee usean itsenäisen osasysteemin keskinäisestä vuorovaikutuksesta. On esimerkiksi osoitettu, että musiikkigenre vaikuttaa ihmisen fyysikaalisen energian määrään tai että koehenkilöiden aloittama spontaani liike ohjaa ja helpottaa heitä havaitsemaan myöhemmin esitettyä ambivalenttia pulssia. Lisäksi alan tuoreessa viitekehityksessä painottuu musiikin kommunikatiivinen ja sosiaalinen luonne sekä yhteisen toimijuuden kokemus, jonka musiikki mahdollistaa. Tässä viitekehityksessä musiikin esitetään olevan, metaforisesti, kehollinen kieli.

Yhteenvetona voidaan todeta, että kehollinen musiikkikognitio on vielä nuori ala, jonka tulevaisuus näyttää monitieteiseltä tutkimuskohteen ollessa hyvin monimutkainen.



HELSINGIN YLIOPISTO  
HELSINGFORS UNIVERSITET  
UNIVERSITY OF HELSINKI

## Abstract

**Faculty:** Medicine

**Degree programme:** Bachelor's Programme in Psychology

**Author:** Ossi Rummukainen

**Title:** Is music our embodied language? A selective review of the paradigm of embodied music cognition

**Level:** Bachelor's thesis

**Month and year:** April 2023

**Number of pages:** 22

**Keywords:** music cognition, embodied cognition, embodied music cognition

**Supervisors:** Kaisa Tiippana, Mari Tervaniemi

**Where deposited:** E-thesis, University of Helsinki

### **Abstract:**

The embodied nature of music cognition is a growing topic in the field of music cognition. The aim of this study is to understand the paradigm of embodied music cognition. It's a selective review on the paradigm's ontological assumptions, some key point of views and relevant empirical evidence supporting the main claims within the field. Hopefully, this paper gives the reader a good introduction into the theoretical and empirical work within the field of embodied music cognition. It's suited for all scholars and students working in nearby fields.

Google Scholar was used in the literature search and "embodied music cognition" was used as a keyword. The main sources were review articles by the most important scholars in the field and the associated empirical literature.

Embodied approach to music cognition emphasizes the coupling of action and perception. The role of the human body is seen to be a mediator between the environment and the brain. There is empirical support for various effects of the motor system to music perception and vice versa. A special focus is also given to the multilayered interaction between all the elements from which the "musical mind" emerges, namely, the mind, the body, music and social context. This interactionist view of cognition utilizes insights from *dynamical systems theory*. Lastly, a novel framework is reviewed that integrates the embodied approach with a more classical predictive coding paradigm under the concept of joint agency. The framework claims music to be, metaphorically, an embodied language. The field of embodied music cognition is quickly growing and the future is assumed to be interdisciplinary since the nature of music cognition is highly complex.

# Sisällysluettelo

1. Johdanto.....	1
2. Musiikkikognition paradigma muutoksessa.....	2
2.1 Klassinen kognition paradigma.....	2
2.2 4E ja kehollisuus.....	3
3. Kehollinen musiikkikognitio.....	3
3.1 Motorisen järjestelmän vaikutus musiikin havaitsemiseen.....	5
3.1.1 Yhteisen koodauksen teoria, sisäiset mallit ja assosiatiivinen oppiminen.....	5
3.1.2 Käänteinen malli.....	7
3.1.3 Eteensuuntautuva malli.....	8
3.2 Radikaali teesi.....	11
3.3 “Bayesilaisten aivojen” rooli?.....	14
3.4 Musiikki kehollisena kielenä.....	14
4. Pohdinta.....	20
Lähteet.....	22

# 1. Johdanto

Modernin maailman ihmisille tyypillinen musiikillisen vuorovaikutuksen muoto on ehkä helppo nähdä varsin passiivisena toimintana; musiikkia saatetaan kuunnella kuulokkeiden tai kaiuttimien kautta netin suoratoistopalvelusta hiljaa istuen. Tässäkin tilanteessa musiikki synnyttää kuuntelijassa usein kehon liikkeitä, kuten jalan taputtamista tai pään nyökyttämistä. Lähes kaikki liikkuvat kuunnellessaan musiikkia (Toiviainen, 2022). Miksi? Havaitseminen ei ole passiivista, sillä havaitsemisen ja toiminnan välillä ei ole selkeää eroa, vaan kehomme tiloilla ja motorisella järjestelmällämme on tärkeä rooli havaitsemisessa. Sama pätee toiseen suuntaan:

havaintojärjestelmä on erottamattomasti mukana myös kehollisessa toiminnassa (Maes, Leman, Palmer & Wanderley, 2014). Tämä viittaa ideaan *havainnon ja toiminnan kytköksestä*, jota voidaan pitää *kehollisen kognition* (eng. embodied cognition) tutkimusviitekehyksen yhtenä perusteorianana (Toiviainen, 2022). Lisäksi kognitiivinen toiminta tapahtuu usein osana sosiaalista kontekstia, sillä sosiaalisena eläimenä ihmisen aivojen perustila saattaa olla sosiaalisesti suuntautunut (Leman ym., 2018; Dell'Anna, Leman & Berti 2021).

Musiikillista toimintaa, muun inhimillisen toiminnan ohella, tutkitaan kognitiotieteissä ja sen lähialoilla nykyään yhä enenevässä määrin sekä *a*) havainnon ja toiminnan välisenä kiinteänä vuorovaikutuksena, että *b*) kontekstuaalisena, erityisesti sosiaalisena vuorovaikutuksena (Maes ym., 2014; Dell'Anna ym., 2021). Tuore hypoteesi yhdistää nämä kaksi näkökulmaa ehdottamalla, tosin metaforisesti, että musiikki on *kehollinen kieli*, mikä on yksi kunnianhimoinen askel *kehollisen musiikkikognition* (eng. embodied music cognition) tutkimuslinjan kehityksessä (Dell'Anna ym., 2021). Tämä näkökulma on syntynyt tarpeesta yhdistää erilaisia lähestymistapoja ja tutkimusperinteitä, jotta musiikin samanaikainen sensomotorinen, ennakoiva ja sosiaalinen luonne tulisivat ymmärrettäväksi (Dell'Anna ym., 2021).

Katsauksen tavoitteena on esitellä joitakin viimeaikaisia teoreettisia kehityskulkuja musiikkikognition tutkimuksen saralla sekä niihin liittyviä tutkimustuloksia. Katsauksessa yritetään erityisesti ymmärtää kehollisen musiikkikognition paradigmaa: sen ontologisia oletuksia, näkökulmia, pääkäsitteitä ja näitä tukevia löydöksiä. Aluksi käydään läpi musiikkikognition tutkimuksen paradigman muutosta komputationalismista ja kognitivismista kohti kehollista musiikkikognitiota, missä näkyy muutos tutkimuskohteen ontologiassa. Tämän jälkeen syvennytään kehollisen musiikkikognition pääkäsitteisiin, kuten yhteisen koodauksen teoriaan sekä sisäisiin malleihin, sekä tutustutaan tutkimukseen motorisen järjestelmän vaikutuksista musiikillisessa vuorovaikutuksessa. Sitten tutustutaan tärkeimpiin tutkimustuloksiin, joiden voi ajatella tukevan

kehollisuuden radikaalia teesiä. Viimeisenä tarkastellaan viitekehystä, jossa musiikin esitetään olevan, metaforisesti, kehollinen kieli. Musiikin näkeminen kielenä on samalla synteesi monesta tekstissä aikaisemmin käsitellystä aiheesta, vaikkakin monta elementtiä on siinäkin uusia, kuten laajennettu kognitio sekä yhteistoiminta (eng. joint action). Katsaus tarjoaa toivottavasti uusia ja hyödyllisiä näkökulmia viimeaikaiseen kehitykseen kehollisen musiikkikognition tutkimuksessa ja kognitiivisen musiikkitieteen tutkimuksessa yleensä. Toiviaisen mukaan (2022) kehollinen näkökulma on musiikkipsykologian tutkimuksessa voimakkaassa kasvussa.

## **2. Musiikkikognition paradigma muutoksessa**

### **2.1 Klassinen kognition paradigma**

Vaikutusvaltaisen tieteenfilosofin Thomas Kuhnin mukaan tieteellinen edistys tapahtuu olennaisesti vallankumousten kautta, eikä esimerkiksi asteittaisen kehityksen myötä (Kuhn, 1962). Jokaisella ajanhetkellä tiettyä tutkimusta hallitsee jokin vakiintunut näkökulma. Tämä vallitseva näkökulma on kuin silmälasit, jotka ohjaavat tutkijoita valikoimaan asiat, joita he pitävät merkityksellisinä. Tätä vaihetta Kuhn kutsui normaalitieteen aikakaudeksi. Paradigman muutosta tai tieteellistä vallankumousta edeltävät tieteelliset anomaliat, eli empiiriset löydökset, joiden ei pitäisi vallalla olevan paradigman mukaan olla mahdollisia. Yhä uudet “mahdottomat” löydökset lisäävät painetta uusien kysymystenasetteluiden ja paradigman syntymiselle. Kuhnin teoria auttaa ymmärtämään sitä tietoteoreettista vallankumousta, joka Lemanin ja kumppaneiden (2018) mukaan on tapahtunut musiikkikognition tutkimuksessa.

Perinteinen kognition tutkimus on keskittynyt yksinomaan kognition toimintoihin, kuten muistiin, oppimiseen ja ennakointiin (eng. predictive coding), jotka käsittelevät musiikin säännönmukaisuuksia ja rakenteellisia ominaisuuksia (Toiviainen 2022; Leman ym., 2018).

Musiikin havaitseminen on hahmotettu prosessina, jossa mieli vastaanottaa informaatiota ympäristöstä jokseenkin suoraviivaisesti aistikanaviensa välityksellä muodostaen siitä representaatioita (Leman ym., 2018). Kehon rooli musiikin havaitsemisessa on tunnustettu, mutta kehollisuuden on nähty olevan musiikin havaitsemisen sivu- tai lopputuote, perifeerinen ilmiö, eikä niin, että motorinen järjestelmä vaikuttaisi perustavalla tavalla itse musiikin ennakoinnissa ja havaitsemisessa (Maes ym., 2014). Tätä klassista kognitiivista paradigmaa Marc Leman ja kumppanit (2018) ovat kutsuneet sanoilla havainnon tiedonkäsittely (eng. cognition in perception). Tämä psykologian ilmiöt pelkiksi kognition toiminnoiksi redusoiva komputationalismi (Toiviainen, 2022), ei ole voinut selittää sellaisia tuloksia, joissa ollaan havaittu kehon tilojen perustava vaikutus musiikillisessa vuorovaikutuksessa. Komputationalismi on ollut läsnä laajemmin kognitiotieteissä

ja sen lähialoilla, eikä pelkästään musiikintutkimuksessa. Tämä tutkimusperinne juontaa juurensa vanhaan kartesiolaiseen käsitykseen mielen ja ruumiin irrallisuudesta, sekä 50-60 -luvun tietojenkäsittelytieteeseen sekä tekoälytutkimukseen (Maes ym., 2014). Mallin mukaan aistijärjestelmä yksisuuntaisesti vastaanottaa tietoa ympäristöstä (eng. input), jonka kognitio kääntää symboliseksi informaatioksi, jonka perusteella ihminen päätyy motorisiin ratkaisuihin (eng. output). Ihmismielen mallina ja vertauskuvana on näin ollen toiminut pitkään tietokone. Viimeaikoina klassinen ennakoivan koodauksen paradigma on alkanut integroida havainnon ja toiminnan kytköksen mukaan teoriaansa *aktiivisen päättelyn* (eng. active inference) teorian muodossa, johon palataan myöhemmin (Dell’Anna ym., 2021; Vuust, Heggli, Friston & Kringelbach, 2022). Kehollista ja perinteistä paradigmaa ei ole siksi enää niin helppo erottaa toisistaan. Myös myöhemmin tässä tekstissä käsitellyssä Dell’Annan ja kumppaneiden (2021) viitekehyksessä niitä yritetään yhdistää.

## 2.2 4E ja kehollisuus

90-luvun alusta alkaen *kehollisen kognition* näkökulma on haastanut edelläkuvattua kognitiokäsitystä kognitiotieteessä ja sen lähialoilla (Dell’Anna ym., 2021). Kehollisen kognition paradigma tai teesi jakautuu kaikkiaan neljään osa-alueeseen. Näiden “neljän E:n”, tai lyhemmin 4E:n, mukaan kognitio on kehollinen (eng. embodied), sijottunut (eng. embedded), laajentunut (eng. extended) ja aktiivinen (eng. enactive) (Dell’Anna ym., 2021). Neljä E:tä antavat vihjeen siitä, kuinka laajasti sekä kehollisuus että kognitio paradigmassa nähdään. 4E:n käsitteistä *kehollisuus* on lähimpänä perinteisen kehollisen musiikkikognition paradigmaa, ja myöhemmin Dell’Annan ja kumppaneiden (2021) viitekehyksen yhteydessä palataan myös kehollisen kognition *laajennettuun* komponenttiin. Kahteen muuhun käsitteeseen tässä tekstissä ei syvennyttä. 4E:n komponentti *kehollisuus* viittaa näkökulmaan, jonka mukaan ihminen on kehollisessa vuorovaikutuksessa ympäristönsä kanssa niin, että kehollisilla tiloilla ja toiminnalla on määräävä vaikutus siihen, minkälaisia affordansseja (toimintamahdollisuuksia) ihminen tuossa ympäristössä havaitsee, ja siihen mitä ennustuksia ihminen tuossa ympäristössä oppii tekemään, ja nämä kognitiot puolestaan vaikuttavat keholliseen toimintaan (Dell’Anna ym., 2021). Edelläkuvattua ajatusta nimitetään myös *sensomotoriseksi kehäksi* (eng. sensorimotor loop) (Dell’Anna ym., 2021).

### 3. Kehollinen musiikkikognitio

*Embodied music cognition theory draws upon a dynamical theory of music cognition in which the interaction between the various sensorimotor, affective, and cognitive systems (attention, memory, meta-knowledge, etc.), and the external environment are of crucial importance.* – Leman, Nijs, Maes & Van Dyck, 2018

Kun nykyään tutkitaan kehollista musiikkikognitiota, klassisen paradigman tutkimat kognition prosessit, kuten ennustaminen ja oppiminen ovat edelleen aiheen ymmärtämisessä relevantteja (Leman ym., 2018; Maes, 2016). Lisäksi uusi paradigma painottaa ensinnäkin tapaa, jolla kehon sensomotoriikka toimii fyysikaalisen ulkomaailman ja aivojen välissä, vaikuttaen kaikkiin kognitiivisiin prosesseihin ja sisäisiin kokemuksiin, sekä toiseksi tapaan, jolla kehon systeemit, kognitiiviset systeemit ja musiikki ovat keskenään *dynaamisessa vuorovaikutuksessa* (Maes, 2016; Leman ym., 2018). Asian näkeminen dynaamisena systeeminä tarkoittaa, ettei prosessin toimintaa voida redusoida sen yksittäisiin osiin kuten kognitioon, vaan sitä tulee ymmärtää systeemin eri osien välisten alati muuttuvien suhteiden kautta. Tämä tarkoittaa että systeemin elementeillä ei ole toistensa suhteen kausaalista ensisijaisuutta, mikä tekee prosessista osittain itseohjautuvan (Maes, 2016). Tämän takia musiikillinen “mieli” on pikemminkin tämän kokonaisuuden emergentti ominaisuus (Dell’Anna ym., 2022), aivan kuten myös musiikki nähdään olevan prosessin emergentti tuote (Leman ym., 2018). Dynaamisten systeemien näkökulma painottaa asioiden *prosessiluontoisuutta* sekä ajassa tapahtuvaa *muutosta*, mikä tarkoittaa, että kehollisen musiikkikognition näkökulma on *holistinen* (Maes, 2016; Leman, Lesaffre & Maes, 2017). Tällaisen holismin vastakohtana voi katsoa näkökulmia, joissa asioita nähdään osina ja kokonaisuuksina (parts and whole), sekä sellaista tilastollista lähestymistapaa, jossa asioita tarkastellaan staattisina keskiarvoina (Leman, Lesaffre & Maes, 2017). Uutta paradigmaa Leman ja kumppanit (2018) nimittävätkin kognitioksi vuorovaikutuksessa (eng. cognition in interaction). Sama dynaamisen systeemin näkökulma tulee esille myös “radikaalissa kehollisuuden teesissä” (Maes ym., 2014; Maes, 2016).

Musiikin kehollisuuden tutkimus käyttää laaja-alaisesti erilaisia menetelmiä, joista video- ja sensoristen monitoreiden eli liikekaappausjärjestelmien käyttö, on ollut erityisen tärkeää, sillä niiden avulla on voitu tutkia kehon liikkeiden ja musiikillisten ilmiöiden yhteyttä (Leman, Lesaffre & Maes, 2017; Toiviainen, 2022). Liikekaappaustekniikalla voi tallentaa liikettä kvantitatiivisesti, mikä mahdollistaa tilastollisten analyysien käytön (Toiviainen, 2022). Tutkimusasetelmissä on viimeaikoina pyritty kohti parempaa ekologista validiteettia, joko tutkimalla ilmiöitä ekologisissa asetelmissä, tai yrittämällä simuloida realistisempia koeasetelmia laboratorioissa, mutta muuttujien kontrollointi muuttuu tällöin vaikeemmaksi (Leman, Lesaffre & Maes, 2017). Tässä muuttujien



kontrollon pulmassa on auttanut yleensä hypoteesit, joita on johdettu dynaamisten systeemien näkökulmasta (Leman, Lesaffre & Maes, 2017).

On vielä huomautettava, ettei musiikin kehollisuuden tunnustaminen ole ideana uusi, vaan sillä on pitkät filosofis-analyttiset perinteet: esimerkiksi musiikin ja voimistelun suhdetta on tutkittu jo yli sata vuotta sitten; filosofian puolella fenomenologia on muotoillut analyttisesti monia nykyparadigmalle tärkeitä ajatuksia, ja musiikkitieteessä musiikin ilmaisukyky on jo ainakin 70-luvulta asti liitetty keholliseen elekieleen (Leman, ym., 2018). Kuitenkin kehollisuuden eksplisiittinen mukaan ottaminen musiikkikognition paradigmaan sekä siihen kuuluva hypoteesien empiirinen testaaminen ovat vasta parikymmentä vuotta vanha ilmiö (Leman ym., 2018). Seuraavat osiot esittelevät kehollisen musiikkikognition paradigman tärkeitä tutkimusnäkökulmia ja käsitteitä ja niihin liittyviä tutkimustuloksia. Samalla havainnollistetaan, miten kehollisen musiikkikognition teoria on kehittynyt viimeisen kymmenenkin vuoden sisällä, mikä samaan aikaan heijastaa laajempaa psykologian ja neurotieteiden kehitystä.

### **3.1 Motorisen järjestelmän vaikutus musiikin havaitsemiseen**

Maes ja kumppanit esittävät (2014) teoreettisen viitekehyksen, jonka avulla voi hahmottaa motorisen- ja aistijärjestelmän yhteyksiä musiikin havaitsemisessa. Seuraavassa esitellään heidän viitekehystään ja tuodaan samalla esille siihen liittyviä tutkimustuloksia ja näkökulmia. On kuitenkin tärkeää pitää mielessä, että he ovat vahvasti sillä kannalla, ettei todisteita motorisen järjestelmän vaikutuksesta musiikin havaitsemisessa voi vielä sellaisenaan pitää perustana radikaalille, dynaamisten systeemien näkökulmalle, jossa ympäristö, kehollisuus ja mieli olisivat kaikki olennaisia osia laajemmassa kokonaisuudessa. Radikaaliin teesiin edetään tämän osion jälkeen. Lisäksi, seuraavana esiteltävä viitekehys, joka kietoutuu yhteisen koodauksen teorian ympärille, ei vielä huomioi riittävästi sosiaalista vuorovaikutusta – asiaa johon palataan, kun käsitellään musiikin kieli-uloittuvuutta.

#### **3.1.1 Yhteisen koodauksen teoria, sisäiset mallit ja assosiatiivinen oppiminen**

Maesin ja kumppaneiden (2014) ehdottama viitekehys koostuu yhteisen koodauksen teoriasta (eng. common coding theory), *sisäisistä malleista* (eng. internal models) ja siihen liittyvästä assosiatiivisesta oppimisesta. *Yhteisen koodauksen teoria* liittyy vahvasti ajatukseen *havainnon ja toiminnan kytköksestä*, eli siitä ettei havaitsemista ja toimintaa voi neuraalisella tasolla erottaa toisistaan (Toiviainen, 2022). Yhteisen koodauksen teorian mukaan toiminnan motorinen suunnittelu, toteutus ja sen aistinvaraiset seuraukset representoituvat aivoissa päällekkäin, eli ne

koodautuvat neuraalisella tasolla samankaltaisesti (Maes ym., 2014). Ulkoista maailmaa koskeva aistitieto sekä siihen liittyvä motorinen toiminta yhdistyvät sisäisiin malleihin, joiden varassa ihmisen tai organismin on mahdollista suunnistaa ja tehdä ennustuksia ympäristössään (Maes ym., 2014). Sisäiset mallit koostuvat käänteisistä- (eng. inverse model) ja eteensuuntautuvista (eng. forward model) komponenteista. *Käänteinen* komponentti sisältää tiedon siitä, kuinka tietty ulkoisen maailman tila voidaan saada aikaan jonkin motorisen toiminnan seurauksena. Tieto kulkee tällöin aistihavainnosta kohti motoriikkaa. *Eteensuuntautuvassa* komponentissa tieto puolestaan kulkee motoriikasta havaintoon, eli tietoon toiminnan oletetusta sensorisesta lopputuloksesta. Eteensuuntautuva komponentti on tällöin synonyymi toiminnan sensorisille ennustuksille, ja käänteinen komponentti motorisille ennustuksille. Käytännössä sisäisten mallien toiminta ei ole niin eriteltyä kuin seuraavaksi esitellään, vaan ne toimivat hyvin dynaamisesti ja kehän kaltaisesti ohjaten organismia sen ympäristössään.

Kirjoittajat esittävät, että motorinen ja aistitieto yhdistyvät alun perin aina *assosiatiivisen oppimisprosessin* (eng. associative sequence learning) kautta, eli sellaisen sensomotorisen vuorovaikutuksen kautta, jossa tiettyyn aistitietoon yhdistyy johdonmukaisesti jokin motorinen toiminta (Maes ym., 2014). Yhtenä esimerkkinä ilmöistä voi käyttää pianonsoittoa, jossa harrastuksen alkuvaiheessa äänten tuottaminen on sattumanvaraista, mutta assosiatiivisen oppimisprosessin myötä etenee kohti yhä vakaampaa ja virheettömämpää ilmaisua, jossa soittajan musiikillinen lopputuote on täysin tämän oman motoriikkansa hallussa. Neuraalisella tasolla on mahdollista, että tämä liittyy *peilisolujärjestelmän* toimintaan. Peilisolujärjestelmä on perinteisesti oletettu olevan evolutiivisen sopeutumisen tuote (adaptaatiohypoteesi) ja synnynnäinen ominaisuus, jonka tehtävänä on perinteisen näkemyksen mukaan pidetty toiminnan merkityksen koodaaminen, jolla on ajateltu olevan tärkeä rooli esimerkiksi sosiaalisessa vuorovaikutuksessa ja imitoinnissa (Heyes, 2010). *Assosiatiivinen hypoteesi* haastaa käsityksen, jonka mukaan peilisolut olisivat adaptaation tuote, ja esittää, että järjestelmän rooli liittyy juuri edellä kuvatun kaltaiseen motorisen ja aistitiedon assosiaation koodaamiseen, eli se olisi tulosta oppimisesta ja johtaisi sisäisten mallien syntymiseen (Heyes, 2010). Hypoteesia tukee esimerkiksi Haslingerin ja kumppaneiden (2005) fMRI-tutkimus, jossa mitattiin peilisolujärjestelmän aktivaation määrää, kun pianistit ja ei-pianistit katsoivat videolta pianoa soittavia sormia ja sormenliikkeitä, jotka eivät liittyneet pianonsoittoon kahdessa tilanteessa: sormenliikkeiden kanssa synkroniassa soivien pianon äänten kanssa sekä ilman ääntä. Pianoa soittavia sormia seurattaessa pianistien peilisoluaktivaatio oli merkitsevästi suurempaa kuin kontrolliryhmällä. Se oli myös suurempaa pianonsoittoon liittymättömiä liikkeitä seurattaessa. Lisäksi pianonsoittoa imitoivien, mutta äänettömien sormenliikkeiden tilanteessa

pianistien auditorisen aivokuoren aktivaatio oli suurempaa kuin kontrolliryhmällä. Tulokset antavat tukea ajatukselle, että peilisolujärjestelmän tehtävä liittyy sensomotorisetten assosiaatioiden luomiseen.

### **3.1.2 Käänteinen malli**

Käänteisten mallien avulla siis ennustetaan, mitä motorista toimintaa tarvitaan, jotta saavutettaisiin haluttu sensorinen lopputulos. Tämän hypoteesin mukaan havainto herättää siihen aikaisemman assosiatiivisen oppimisen kautta liittyviä motorisia edustuksia, jotka joko toteutuvat eleinä, tai näkyvät priming-efektinä (Maes ym., 2014). Priming-efektillä tarkoitetaan tiedonkäsittelyn ilmiötä, jossa aikaisemmin esitetty ärsyke vaikuttaa myöhempänä esitettyjen ärsykkeiden prosessointiin. Käänteisen mallin aikaansaamaa ilmiötä on kuvattu myös termillä *motorinen resonanssi* tai *simulaatio*. Maes ja kumppanit (2014) nostavat esille useita aivokuvantamis- ja behavioraalisia tutkimuksia, joissa musiikin kuuntelun on havaittu herättävän koehenkilöillä johdonmukaisesti sellaisia motorisia reaktioita tai priming-efektejä, joita he ovat oppineet yhdistämään kulloiseenkin musiikkiin aikaisemmissa kuuntelutilanteissa. Esimerkiksi on esitetty (Trimarchi & Luzzatti, 2011) osoitettiin, että vain pianistit (verrattuna ei-pianisti-muusikoihin ja ei-muusikoihin) reagoivat nopeammin vasemmalla kädellä matalataajuuksisiin sointuihin ja oikealla kädellä nopeammin korkeataajuuksisiin sointuihin. Tulokset heijastavat kirjoittajien mielestä pianistien pitkällä aikavälillä opittua kytköstä äänten ja motoriikan välillä. Tutkimuksissa on myös havaittu, että ihmiset osaavat johdonmukaisesti ”kääntää” musiikin akustiset piirteet kehollisen ilmaisun tasolle, ja muusikot ovat keskivertokoehenkilöitä parempia musiikin visualisoinnissa kun katsotaan ihmisten piirroksia (Maes ym., 2014). Spontaaneilla tanssiliikkeillä on havaittu olevan universaaleja (musiikin akustiikan synnyttämiä tai kulttuuristen konventioiden aikaansaamia) ja yksilöllisiä (persoonallisuuden, iän, sukupuolen jne. mukaan määräytyviä) piirteitä, ja näistä yksilölliset piirteet määrittävät tanssia enemmän (Toiviainen, 2022). Tulosten mukaan voi siis päätellä, että ihmisillä on henkilökohtainen kehollisten eleiden muodostama repertuaari, joka on systemaattisessa suhteessa ääniin ja musiikkiin. Maesin ja kumppaneiden mukaan (2014) käänteisen mallin toiminta musiikin havaitsemisessa liittyy mahdollisesti kahteen tehtävään, joita keholla on musiikin kuuntelukokemuksen tuottamisessa.

#### ***Kehon rooli intentionaalisuuden välittäjänä musiikin ja mielen välillä***

Ensimmäinen näkökulma liittyy kehon rooliin toimia musiikin ja sen ilmaisullisen sisällön välittäjänä mielen ja ympäristön välillä (Maes ym., 2014). Ajatus liittyy vahvasti siihen, jota Leman

ja kumppanit (2018) kutsuvat *intentionaalisuuden johdatusmekanismiksi* (eng. intentionality induction mechanism), joka liittyy puolestaan vahvasti myös *musikaalisen eleen* (eng. gesture) käsitteeseen. Näillä käsitteillä he tarkoittavat, että liikkueessaan musiikin tahdissa kuuntelija ”purkaa” (eng. decode) musiikin ilmaisullisen sisällön sellaisiksi kehon liikkeiksi ja tuntemuksiksi, joilla musiikin sisältö uudelleenmuotoutuu (eng. reconstruct) kuuntelijan subjektiivisesti ymmärrettäväksi kokemukseksi (Leman ym., 2018). Näin syntyy yhteys musiikin ja sen synnyttämien kehon eleiden sisältämän ilmaisullisen sisällön välille.

### ***Kuvitteellinen toimijuus***

Käänteisen mallin toiminta saattaa liittyä toiseenkin ilmiöön, jota musiikkitieteessä on käsitelty pitkään, ja jolle on annettu useita eri nimiä; puhutaan esimerkiksi *kuvitteellisen toimijuuden* kokemuksesta (Maes ym., 2014). Motorisen simulaation myötä kokija voi tuntea ottavansa osaa musiikin luomiseen, mikä on ilmeistä esimerkiksi ihmisten ”soittaessa” ilmakitaraa. Kokijan kannalta kenties yksi tärkeimmistä piirteistä on musiikin kyky viedä toiseen maailmaan, mielikuvituksellisten voimien, virtojen ja maisemien tilaan, mikä on yhdistetty myös palkitsevaan *flow*-kokemukseen (Maes ym., 2014). On esitetty että jopa abstraktit, ihmisen omalle motoriselle järjestelmälle mahdottomat liikkeet, kuten meren aallot tai hyttysen lento, aktivoivat motorista järjestelmää (Schubotz, 2007). Kuten *flow*-kokemuksessa, ihminen saattaa menettää tällöin kokemuksen erillisestä minuudestaan ja voi kokea ottavansa osaa musiikin luomiseen, mistä saattaakin johtua musiikin kyky muuttaa kuuntelijan käsitystä ajasta ja paikasta, ja mikä saattaa olla myös musiikin hyvinvointia lisäävien vaikutusten takana (Maes ym., 2014). Toimijuuden kokemus, se että ihmisen toiminta synnyttää tarkoituksenmukaisesti (joko illusiorisesti tai tosiasiasa) ääniä, on oletetusti yhteydessä musiikin palkitsevuuteen. Toimijuutta sekä yhteisen toimijuuden kokemusta käsitellään myöhemmin, kun tutustutaan viitekehykseen, jossa musiikkia tarkastellaan kehollisena kielenä.

### **3.1.3 Eteensuuntautuva malli**

Kun puhutaan eteensuuntautuvista malleista, tarkoitetaan voidaan puhua myös *sensorisesta resonanssista*, tai sensorisista ennustuksista (Maes ym., 2014). Niiden toiminta liittyy laajasti ihmisen motoriseen kontrolliin ja kykyyn prosessoida informaatiota ympäristöstä ja luoda ennustuksia toiminnan oletetusta aistittavasta lopputuloksesta (Maes ym., 2014). Pikkuaivojen on osoitettu olevan oleellinen eteensuuntautuvissa malleissa, mutta on muistettava, että ennustuksen tyyppejä on useita erilaisia, ja ne riippuvat useampien aivoalueiden toiminnasta (Maes ym., 2014).

Maes ja kumppanit (2014) esittävät, että eteensuuntautuvan mallin voi jakaa ainakin kolmeen tehtävään: vaimennukseen, helpottamiseen ja yksiselitteistämiseen.

### ***Vaimennus tai suodatus***

Maesin ja kumppaneiden (2014) katsauksen mukaan on havaittu useissa eri tutkimusasetelmissa, että pianonkoskettimen itsenäisen soittamisen tuottaman äänen prosessointi vaimentuu verrattuna ääneen, joka on jonkun ulkopuolisen aikaansaamaa, vaikka ärsykkeet olisivat muuten identtisiä. Lisäksi ollaan havaittu että vaimennusefekti on pienempi, mitä odottamattomampi itseaiheutettu ääni on. Ristiriitaisia tuloksia on havaittu sen suhteen, mikä rooli odotusarvoisuudella on toisten tuottamien äänien ja vaimennusefektin välillä. Yhdessä tutkimuksessa odotusarvoisuudella oli suuri vaimennusefekti, ja toisessa tutkimuksessa ei ollut väliä oliko toisen ihmisen tuottama ääni odotusarvoinen tai ei. Ilmiön selitys liittyy “efferenssikopion” käsitteeseen. Motorisen toiminnan suunnittelu lähettää efferenssikopion aistitiedon prosessoinnista vastaavalle alueelle, joka vertaa oletettua ennustusta ja todellista aistimusta toisiinsa, ja jos ennustusvirhe (eng. prediction error) on pieni, ei reaalisen ärsykkeen havaitseminen herätä suurta vastetta (Maes ym., 2014). Sensorinen vaimennus auttaa erottamaan itsetuotetut ja muiden tuottamat äänet toisistaan. Ilmiötä on kutsuttu myös suodatukseksi (Leman, 2018).

### ***Helpottaminen***

Motorisella järjestelmällä on rytmin havaitsemista tarkentava ja helpottava vaikutus, mikä liittyy tärkeään *tahdistumisen* (eng. entrainment) käsitteeseen. Synkronisaatio musiikkiin vaatii ihmiseltä tarkkoja virheenkorjausmekanismeja, jotka ovat osittain ulkoistettu sensomotoriselle järjestelmälle (Leman ym., 2018). Ennustusvirheet ovat eroja ihmisen oletusten ja havaintojen välillä, ja niiden minimoimiseen tahdistumisen taustalla olevat mekanismit pyrkivät. Kokeissaan Manning ja Schutz (2013) selvittivät, mikä rooli liikkeellä on rytmin ajallisessa hahmottamisessa. Koehenkilöt kuuntelivat 16 iskun sarjoja, joista viimeisestä neljästä iskusta kolme ensimmäistä olivat hiljaisia (rytmin ylläpitojakso), jonka jälkeen seurasi testi-isku. Koehenkilöiden tuli määrittää, oliko testiäänäni rytmisissä vai ei. Puolet ajasta koehenkilöiden tuli naputtaa iskujen tahdissa, ja toisen puolen ajasta heidän piti pysyä paikallaan. He suorittivat yhteensä kolme eri koeasetelmaa, joissa liikkeen määrää rytmin ylläpitojakson ajan vaihdeltiin, ja joiden tarkoitus oli kontrolloida liikkeen sinänsä vaikutus sekä eri testistrategian (oman näpyttelyn ja testiäänänen vertailun) vaikutus tuloksiin. Kävi ilmi, että liike merkitsevästi parantaa rytmin havaitsemisen tarkkuutta sekä parantaa rytmin ylläpitoa.

Käsitteet *emergenti ajastus* sekä *ulkoistaminen* kuvaavat sitä, että rytmin ylläpito on tietoiselle kognitiolle liian työläs prosessi, minkä vuoksi se on ulkoistettu osittain motoriselle järjestelmälle (Maes, 2016). Tämä tarkoittaa olennaisesti sellaista näkemystä rytmin havaitsemisesta, jossa tietoisien ja eksplisiitisen kognition rajatuilla resursseilla on pieni rooli, joka liittyy lähinnä ennustusvirheiden korkeimman tason suodattamiseen. Rytmin havaitseminen on näin ollen emergentti prosessi, joka syntyy ja muotoutuu ajassa usean eri sensomotoriikan ja havaitsemisen dynaamisessa vuorovaikutuksessa. Ilmiötä havainnollistaa esimerkiksi tutkimukset, joissa koehenkilöille annettiin tehtäväksi jatkaa melodiaa tietyssä tempossa samalla, kun heitä kuormitettiin kognitiivisella tehtävällä (Maes, 2016). Hypoteesien mukaisesti huomattiin, että koehenkilöt joiden annettiin liikuttaa kättään vapaasti ylläpitäessään rytmiä eivät häiriintyneet kognitiivisesta tehtävästä ja olivat tarkempia kuin he, joiden ei annettu liikkua (Maes, 2016). Esimerkiksi tämä tutkimus johtaa Maesin (2016) päättelymään että rytmin sensomotorinen ylläpito hyödyntää havainnon ja toiminnan kytköstä niin, ettei rytmiä tarvitse prosessoida kognitiivisesti. Kognitiivisen ulkoistamisen myötä tarkkaavaisuus voidaan suunnata jonnekin toisiin piirteisiin musiikissa, mikä musiikkia esitettäessä on olennista, jotta esitys olisi mahdollisimman ekspressiivinen.

On syytä uskoa, että motorisella järjestelmällä nimenomaan kausaalinen rooli etenkin rytmin havaitsemisessa (Toiviainen, 2022). Rytmin havaitseminen työllistää premotorista korteksia, supplementaarista motorista aluetta, tyvitumakkeita ja pikkuaivoja, jotka ovat vastuussa motoristen ennustusten luomisesta musiikin rytmistä, joka saattaa olla yksi tekijä musiikin tanssittavuuden taustalla (Vuust ym., 2022). Huntingtonin tautia sairastavilla on leesioita pikkuaivoissa, ja heille tuottaa vaikeuksia havaita rytmiä (Maes ym., 2014). Samoin Parkinson-potilaille, jotka kärsivät leesioista tyvitumakkeiden alueella, on havaittu vaikeuksia iskuja sisältävien rytmien havaitsemisessa, mutta taustalla saattaa toisaalta olla myös muu dopaminergisen järjestelmän häiriön aiheuttama havaitsemisen vaikeutumisen (Maes ym., 2014).

### ***Yksiselitteistäminen ja selektiivinen havaitseminen***

Musiikki on usein moniselitteistä, eli se voi antaa affordansseja monenlaiseen tulkintaan ja toimintaan. Moniselitteisyyttä voi ilmetä esimerkiksi rytmin, metrin, tahtilajin fraasien ja emotionaalisen sävyn tasolla. Eteensuuntautuvien mallien ennustuksilla saattaa olla oleellinen rooli tämän monitulkintaisuuden vähentämisessä, sillä ihmisen sensomotoriset kytkökset liikkeen ja sen sisältämän intention ja tunteen välillä, voivat johdattaa kuuntelijan kiinnittämään huomion tiettyihin asioihin musiikissa toisten kustannuksella ja niin vähentää musiikin monitulkintaisuutta (Maes ym.,

2014). Kehon liikkeiden vaikutus monitulkintaisen musiikin yksiselitteistämiseen on havaittu useissa tutkimuksissa ja usean eri piirteen, esimerkiksi rytmin, emotionaalisen valenssin, äänenkorkeiduen tasoilla (Maes ym., 2014). Su ja Pöppel (2012) osoittivat, että koehenkilöiden aloittama spontaani liike ohjaa ja helpottaa heitä havaitsemaan ja tahdistumaan pulssiin ambivalenttissa rytmisarjassa. Kun koehenkilöt eivät saaneet liikkua, tahdistuminen ambivalenttiin rytmiin oli vaikeaa, etenkin niille joilla ei ollut taustaa musiikissa, eli joilla ei oletettavasti ollut kehittynyt sisäistä kykyä tahdistumiseen. Samba tunnetaan moniselitteisestä kaksi- tai kolmejakoisesta rytmistään, jonka ymmärtäminen länsimaalaiselle ihmiselle saattaa olla haastavaa. Onkin esitetty, että Samban yksiselitteinen ymmärtäminen kaksijakoisena edellyttää kehollista osallistumista, siis tanssia (Naveda & Leman, 2009).

Toisaalta tärkeää on huomioida, ettei musiikin tarvitse olla monitulkintaista, jotta motoriikan sensoriset ja introspektiivisetkin ennustukset voisivat vaikuttaa tapaan, jolla musiikki otetaan vastaan; tälle prosessille Maes ja kumppanit (2014) antavat nimen "cue selection", selektiivinen havaitseminen. Kehon eleet ja niihin liittyvät ennustukset voivat suunnata kuuntelijan tarkkaavaisuuden tiettyihin affordansseihin musiikissa ja siten vaikuttaa tapaan, jolla musiikin kanssa vuorovaikutetaan, eli kuinka se koetaan, tai kuinka sitä ilmaistaan. Maes ja kumppanit (2014) ehdottavat, että pelkästään motoristen tuntemuksien lisäksi ärsykeiden valikointi mahdollistaa myös yhden tärkeän osa-alueen, eli kuuntelijan introspektiivisyyden kuten tunteiden, ajatusten ja intentioiden, projisoimisen musiikkiin. Näin kuuntelija ja tanssija voi nähdä musiikissa sellaisia asioita, mitä kukaan muu ei siinä näe. Tälle hypoteesille on antanut tukea tutkimus (Sedlmeier, Weigelt & Walther, 2013), jossa havaittiin, että toteutettu tai kuviteltu liike musiikkia kuunnellessa vaikutti tapaan, minkälaisen emotionaalisen merkityksen koehenkilöt kulloisellekin musiikille antoivat. Koehenkilöt ohjeistettiin tuottamaan tai kuvittelemaan liikkeitä, jotka oli aikaisemmin todettu yhdistyvän joko positiivisiin tai negatiivisiin tuntemuksiin, ja odotusten mukaisesti tuotetut liikkeet vaikuttivat siihen, mistä musiikista he pitivät: positiiviset liikkeet yhdistyivät positiivisiin arvostelmiin ja negatiiviset negatiivisiin.

### **3.2 Radikaali teesi**

Artikkelissaan Maes (2016) perustelee, etteivät todisteet motorisen järjestelmän laajasta osallisuudesta aikaisemman artikkelin (Maes ym., 2014) muodossa riitä vielä musiikkikognition radikaalin teesin tueksi, ja siksi hän tarjoaa lisäperusteita ja -evidenssiä nimenomaan radikaalille teesille. *Radikaalin kehollisuuden teesin* (Maes ym., 2014) mukaan musiikillinen vuorovaikutus on dynaaminen prosessi, jonka toiminta muotoutuu usean eri komponentin tai rajoittavan tekijän (eng.

constraint) vuorovaikuttaessa keskenään, ja vasta näiden systeemin rajoittavien tekijöiden ominaisuudet ja niiden yhteisvaikutus määrittää tavan miten musiikki havaitaan tai kuinka musiikkia ilmaistaan. Näitä systeemin rajoittavia tekijöitä voivat olla esimerkiksi henkilön taidot, tiedot ja uskomukset kulloisestakin musiikista; fyysiset ominaisuudet kuten fyysinen kunto, kuuloelinten ominaisuudet, kehon biomekaniikka; tai sensomotoriset tilat, kuten vireys ja mieliala (Leman ym., 2018). Vielä on syytä muistaa, että tämä tarkoittaa olennaisesti sitä, etteivät musiikkiin liittyvät kehon liikkeet ole perinteisen kognitionäkemyksen mukaisesti kognitiivisen prosessoinnin *lopputuote*, tai sitä että motorisen järjestelmän osallisuus musiikin havaitsemisessa jäisi vain resonanssiksi. Mitkään elementit, kognitiiviset tai keholliset rajoittavat tekijät, eivät ole toistensa suhteen ensisijaisia.

Artikkelissa Maes (2016) käy läpi tutkimuksia, joiden mukaan äänten psykoakustiset ominaisuudet yhdessä ihmisen auditorisen ja motorisen järjestelmän biomekaniikan kanssa vaikuttavat perustavanlaatuisesti tapaan, miten musiikin kanssa vuorovaikutetaan. Hän ehdottaa, että luontaiset biologispohjaiset ominaisuudet muodostavat pohjan, jonka päällä aikaisemmin käsitellyt prosessit, assosiatiivinen oppiminen ja sensomotoriset ennustukset, sekä seuraavassa osiossa lyhyesti käsiteltävä bayesilainen oppiminen, voivat vaikuttaa.

## **Tonaalisuus**

Tonaalisuudella tarkoitetaan äänten muodostamaa hierarkkista systeemiä, jota on esiintynyt aina ja kaikissa kulttuureissa. Se kuinka luonnollisena yksittäistä ääntä pidetään, riippuu tonaalisesta kontekstista, jossa se esiintyy. Perinteisesti on ajateltu, että tonaalisuus on kulttuurillinen ilmiö, ja että sen olemassaolo on lopputulosta pitkän aikavälin oppimisesta, sillä tonaaliset järjestelmät vaihtelevat kulttuureittain. Maes esittää (2016), että tonaalisen järjestelmän muodostuminen ei ole kuitenkaan suinkaan yhtä sattumanvaraista kuin aikaisemmin on ehkä oletettu. Sen muodostuminen on viime kädessä pitkälti neurobiologisten ja näin ollen kehollisten tekijöiden rajoittamaa, jonka päällä pitkän aikavälin oppiminen on mahdollista tapahtua. Tämä hypoteesi saa tukea useista eri tutkimuksesta, joita Maes kuvaa artikkelissaan (2016). Näitä käsitellään seuraavaksi.

Collinsin, Tillmanin ja Barretin (2014) katsaus puuttuu vastakkainasetteluun, joka on vallinnut tonaalisen syntaksin tutkimuksessa: onko musiikillinen syntaksi peräisin kognitiivisesta ylätasoon (top-down) prosessoinnista vai alatasoon sensorisesta (bottom-up) prosessoinnista? Käsiteltyään tutkimuskirjallisuutta he päätyvät tulkintaan, jossa nähdään musiikillisen syntaksin vaativan prosessointia usealla eri representationaalisella tasolla, lähtien aistimuistista korkeampiin tiedonkäsittelyn tasoihin, jolloin sensorinen-kognitiivinen -dikotomia on väärin aseteltu. Maes



nostaa esiin myös katsauksen (Bigand, Delbe, Poulin-Charronnat, Leman & Tillmann, 2014), jossa tulkittiin tutkimuksia, joissa oli tutkittu äänten tonaalista sopivuutta reaktioaikamittausten sekä tapahtumasidonnaisten jännitevasteiden eli ERP-komponenttien avulla. ERP-komponentit ovat aivojen sähköistä toimintaa tarkastelevassa (elektroenkefalografia, EEG) tutkimuksessa välineitä, joilla pystytään selvittämään erityisen hyvin tiedonkäsittelyn ajallista järjestystä. Siihen astisen empiirisen tiedon valossa Bigandin ja kumppaneiden (2014) katsaus pyrkii haastamaan käsitystä, jonka mukaan musiikin tonaalisuuden ja symbolisen kielen syntaksit olisivat jollakin tavalla läheisesti rinnakkaisia. Tulokset puoltavat käsitystä sellaisen tonaalisen syntaksin olemassaolosta, joka perustuu enemmänkin ihmisen auditorisen aistimuistin ominaisuuksiin kuin symbolisen kielen kaltaiseen abstraktimpaan syntaktiseen käsittelyyn (Bigand ym., 2014). Suurin osa artikkelissa käsitellyistä tuloksista pystyttiin simuloimaan auditorista aistimuistia kuvaamaan kehitetyllä mallilla (Bigand ym., 2014), jonka toiminta on puolestaan aivokuvantamistutkimuksin osoitettu olevan riippuvainen aistijärjestelmän, tarkkaavaisuuden ja sensorimotoristen toimintojen dynaamisesta vuorovaikutuksesta (Maes, 2016).

Lisää evidenssiä tonaalisuuden universaalista ja biologisesta pohjasta löytyy Largen ja kumppaneiden useista tutkimuksista, joissa on yritetty mallintaa aivojen taajuusherkkyyksiä. Tutkimusten pohjana oleva malli perustuu teorialle (Large, 2011), jossa ihmisen auditorisen kanavan katsotaan olevan dynaaminen systeemi, jossa tonaalisuus eli sävelten väliset konsonanssit (sopivuudet) ja dissonanssit (epäsopivuudet) syntyvät spontaanisti auditorisen kanavan neuroneiden taajuusherkkyyksien perusteella. Mallissa ihmisen auditorisen kanavan neuronit saattavat värähdellä jossakin epälinearisessa suhteessa ääniärsykkeiden taajuuksiin, kuten 1:2, 3:1 tai 3:2, mihin perustuvat havainnot konsonanssista ja dissonanssista. Malli on osoitus Largen (2011) mukaan tonaalisuuden universaalista (biologisesta) perustasta, jonka mukaan käytetyimpien tonaalisten systeemien äänet ovat järjestyneet. Lisäksi Large ehdottaa, että erot eri musiikkiperinteiden tonaalisuuksissa selittyisivät hebbiläisestä oppimisprosessista, auditorisen kanavan mahdollistaessa useammat kuin yhdenlaiset tonaaliset järjestelmät.

### **Tempo ja kehollinen resonanssi**

Seuraavaksi Maes (2016) käsittelee musiikin tempon tai sykkeen prosessoinnin kehollista perustaa. Tutkittaessa ihmisten luontaista mieltymystä tempoon useat tutkimukset ovat päätyneet samaan lukuun: 120 iskua minuutissa tai 2 hertsiä. On esimerkiksi huomattu suuresta länsimaalaisen musiikkikappaleiden otoksesta, että kappaleiden tempojen keskiarvo on noin 120 iskua minuutissa (Van Noorden & Moelants, 1999). Ihmisten suosima askeltiheys kävellessä on noin 120 askelta minuutissa riippumatta sukupuolesta, iästä, pituudesta tai painoindeksistä (MacDougall & Moore,

2005). Kun henkilöitä on pyydetty naputtamaan sormella vapaavalintaista tahtia, on tempo ollut suurimmillaan hieman alle 120 (Collyer, Broadbent & Church, 1994). Luku tulee esiin myös mitattaessa tarkkuutta: ihmiset ovat kaikista tarkimpia synkronoidessaan motorisia liikkeitä ulkoiseen ääneen, kun tempo on 120 iskua minuutissa (Styns, Van Noorden, Moelants & Leman, 2007). Länsimaisen musiikin keskivertotempo näin ollen täsmää ihmiskehon luontaiseen rytmiin, ja on ehdotettu, että ihmiskeholla on luontainen resonanssinsa (Van Noorden & Moelants, 1999), ja se näyttää olevan noin 120 iskua minuutissa tai 2 hertsiä.

### **3.3 “Bayesilaisten aivojen” rooli?**

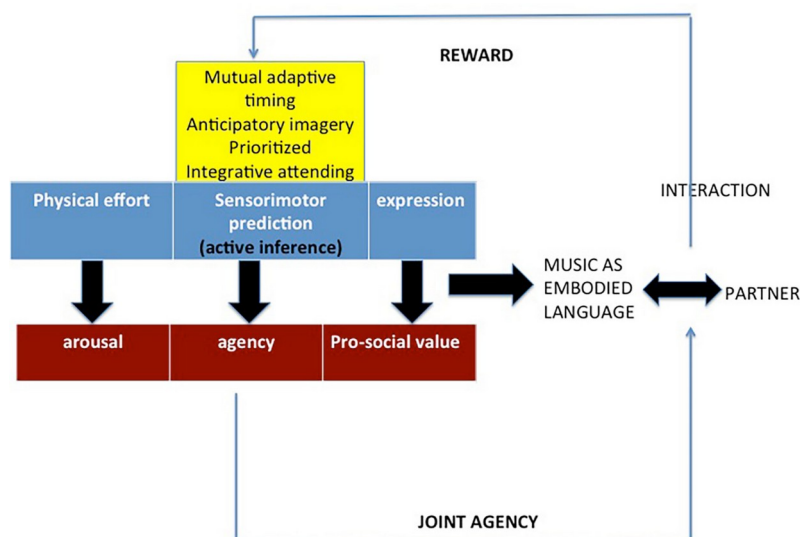
Maes yrittää edelleen (2016) kehittää kehollisen musiikkikognition mallia spekuloiden, mikä on ennakoivan koodauksen rooli yhtälössä. Musiikkikognition tutkimuksessa on tutkittu paljon sitä, kuinka aivot hyödyntävät tilastollista (bayesilaista) päättelyä opitellessaan musiikin säännönmukaisuuksia. Predictive coding -näkökulma esittää, että oppimisen taustalla on aivojen (tai organismin) pyrkimys minimoida ennustusvirheet havainnon ja ennustusten välillä. Havaitseminen on aina kompromissi aistimusten ja aikaisempien bayesilaisten mallien välillä. Ennustusvirheitä minimoidaan parantamalla tarkkaavaisuutta, käyttämällä havaintovinoimia (biases), tai päivittämällä malleja.

Maes (2016) ehdottaa, että eteensuuntautuvien mallien toiminta etenkin yksiselitteistämässä voidaan tulkita niin, että luomalla ennustuksia liikkeen avulla kuuntelija voi rajata musiikillisia ärsykeitä, joihin kiinnittää huomiota, ja siten minimoida ennustusvirheet. Maes ehdottaa, että keho sensomotorisine ennustuksineen ja kapasiteetteineen on pohja, jonka päällä bayesilainen päättely voi toimia. Samanlainen tapa yhdistää kehollinen näkökulma ja bayesilainen päättely aktiivisen päättelyn (eng. active inference) muodossa löytyy myös Dell’Anna ja kumppaneiden (2021) ehdotuksesta, johon siirrytään seuraavaksi.

### **3.4 Musiikki kehollisena kielenä**

Dell’Anna, Leman ja Berti (2021) yrittävät uudelleenmuotoilla viitekehystä, jonka avulla musiikkia ja musiikillista toimintaa voi ymmärtää. Aikaisemmin musiikin sosiaalista ja vuorovaikutuksellista ulottuvuutta ei ole riittävästi huomioitu musiikkikognition tutkimuksessa ja sen lähialoilla. Muilla aloilla, kuten sosiaalitieteissä ja evoluutiobiologiassa musiikki on ymmärretty ennen kaikkea sosiaalisena ilmiönä. Kirjoittajien mukaan oikea tapa käsitteellistää musiikki sen kaikkine ulottuvuuksineen olisikin ajatella kuin se olisi kieli. Tällä he eivät tarkoita, että se olisi kieli samassa merkityksessä kuin symbolinen kieli, sillä toisin kuin symbolinen kieli, musiikilla ei ole

samaa kykyä viitata. Sen sijaan sillä on muita symbolisen kielen kanssa yhteisiä ominaisuuksia, kuten syntaksi, semantiikka ja pragmatiikka, joista viimeiseen heidän artikkelinsa keskittyy. On kuitenkin muistettava, että laadulliset erot musiikin (tonaalisuuden) ja symbolisen kielen syntakseissa ovat mahdollisesti suuria (Bigand ym., 2014). Kirjoittajien (Dell’Anna, Leman & Berti, 2021) mukaan tässä näkökulmassa uutta on se, että viitekehys yhdistää sekä kehollisen kognition sekä klassisen musiikkikognition ennustuksellisen koodauksen paradigmat ja asettaa nämä neurotieteissä viime vuosina suosituksi tulleen jaetun toiminnan (eng. joint action) näkökulman alle. Merkityksellistä on, että kokemus jaetusta toimijuudesta selittää sen, miksi musiikki nähdään kielenä. Viitekehys on samalla yhdistelmä kolmesta erillisestä viitekehuksesta: Lemanin vuonna 2016 julkaistusta kehollisen musiikkikognition mallista, Kellerin vuonna 2008 esitellystä kollektiivista musisointia kuvaavasta mallista sekä perinteisemmästä predictive coding -lähestymistavasta (ks. Vuust ym., 2021). Uudella viitekehyksellään tutkijat kertovat kehittävänsä sekä kehollisen että klassisen musiikkikognition paradigmoja, ja sen voi näin ollen ajatella olevan yhdenlainen synteesi tämänhetkisestä ymmärryksestämme, vaikkakaan ei vielä missään nimessä valmis. Seuraavaksi on tutustuttava muutamiin käsitteisiin, kuten *yhteistoimintaan*, *laajennettuun kognitioon*, *jaettuun toimijuuteen* sekä Kellerin malliin, jotka kaikki liittyvät kiinteästi toisiinsa, ja jotka ovat olennaisia Dell’Annan, Lemanin ja Bertin viitekehysten (kuva 1) ymmärtämiseksi. Käsitteiden jälkeen esitellään muutama tutkimustulos ja niiden tulkinta viitekehysten valossa.



Kuva 1: Dell’Annan, Lemanin ja Bertin (2021) viitekehys, joka yhdistää kehollisen (musiikki)kognition, ennakoivan koodauksen ja jaetun toimijuuden (joint agency) tutkimusviitekehkyksiä.

## Yhteistyö

Yhteistoiminta tai yhteistyö (eng. joint action) on määritelty miksi tahansa sosiaalisesti vuorovaikutukseksi, jossa kaksi tai useampi ihmistä koordinoivat toimiaan kohti yhteistä tavoitetta, joka tähtää muutokseen ympäristössä. Yhteistyö edellyttää joustavaa toisen toiminnan ymmärtämistä ja siihen adaptoitumista. Se on neurotieteessä suhteellisen uusi, mutta kriittisen tärkeä aihe tutkia, sillä on esitetty, että ihmisaivot olisivat lähtökohtaisesti sosiaalisesti orientoituneita. Tutkimusasetelmana erityisen merkityksellinen ja symbolinen on äidin ja vauvan vuorovaikutus, jossa heijastuu se, kuinka esikielellistä ihmisten välinen keskinäinen koordinaatio onkaan, sillä vauva kykenee toimimaan monella tavoin vuorovaikutteisesti ennen symbolifunktion kehitystä pelkän sensomotoriikkansa varassa. Teoreettisesti ala on lähellä peilisolujärjestelmän tutkimusta, jossa kysymykset imitaatiosta ja toiminnan ymmärtämisestä ovat olennaisia. Yhteistyö liittyy vahvasti myös laajennettuun kognitioon, kun kohta käsitellään peripersonallisen tilan muovautuvuutta.

### **Laajennettu kognitio**

Aikaisemmin käsitellyn 4E-paradigman kohdat *kehollinen* ja *laajennettu* kognitio ovat tärkeitä Dell'Annin ja kumppaneiden viitekehyksen ymmärtämiseksi. Kehollisuutta on käsitelty aikaisemmissa osioissa, ja laajennettua komponenttia käsitellään seuraavaksi. Laajennetulla kognitiolla viitataan *ympäristöön* kuuluvien elementtien (affordanssien) fundamentaalisen tärkeyteen rooliin kognitiivisessa ongelmanratkaisussa. Ajatuksen mukaan aivoilla ei ole ensisijaisuutta kognitiivisessa ongelmanratkaisussa, sillä oleellisia ovat myös *välineet* ja sosiaalinen *yhteistoiminta*, joka määriteltiin edellisissä kohdassa. Kun ihminen vuorovaikuttaa välineiden (esim. aikataulu) ja lajitovereidensa (esim. tandempyörällä ajo) kanssa, voi ajatella, että nämä muuttuvat osaksi kognitiivista prosessia.

Neurotieteissä on tutkittu ruumiillisen tilan (proprioseptisen ja taktiilisen tilan) sekä sekä peripersonallisen (raajojen ulottuvissa olevan) tilan havaitsemista sekä kehon omistajuuden tunnetta. Tunnetussa kumikäsi-illuusiassa (eng. the rubber hand illusion) koehenkilö alkaa kokea tekokäden omakseen, kun tekokättä ja todellista kättä on ensin rapsutetettu samaan aikaan kun todellinen käsi on ollut piilotettuna ja tekokäsi asetettuna tämän tilalle. Täten kehon omistajuuden (eng. body ownership) ja ruumiillisen tilan kokemukset voidaan ajatella olevan muovautuvia ilmiöitä. Samankaltainen ilmiö on huomattu myös sosiaalisessa kontekstissa, jossa kahden ihmisen peripersonallisten tilojen havaitseminen muuttuu yhteistyön jälkeen verrattuna kilpailullisempaan tilanteeseen. Kun mitataan reaktioaikaa yhteistyön jälkeen, äänivihje nopeuttaa reagointia kosketusärsykkeeseen silloin, kun äänimerkki tulee läheltä koehenkilöä itseään, mutta myös kun se

esitetään lähellä parin sijaintia. Samaa helpotusvaikutusta ei tapahdu kilpailutilanteen jälkeen, jolloin parin lähellä esitetty ääni ei nopeuta reaktiota. Tätä pidetään todisteena peripersonallisen tilan kokemuksen laajentumisesta. Laajennetun kognition sosiaalinen ulottuvuus mahdollistaa myös jaetun toimijuuden kokemuksen syntymisen, mitä luonnehditaan seuraavaksi.

### **Toimijuus, palkitsevuus ja jaettu toimijuus**

Tärkeät komponentit jotka Leman liitti kehollisen kognition teoriaan vuonna 2016 ovat palkitsevuuden ja motivaation käsitteet, joita sivuttiin aikaisemmin. Musiikillisesta toiminnasta palkitsevan tekee siis yhtäältä kokemus siitä, että omalla toiminnalla on haluttuja lopputuloksia, mikä ilmenee *toimijuuden* kokemuksena. Toimijuuden kokemus (eng. sense of agency) on neurotieteissä suosittu tutkimuskohde ja tarkoittaa arkisemmin hallinnan tunnetta omasta toiminnasta. Toimijuuden kokemus pohjautunee sensomotorisiin ennustuksiin, eikä toiminnan todellisiin lopputuloksiin, mikä mahdollistaa myös kuvitteellisen toimijuuden kokemuksen (jota käsiteltiin aikaisemmin sisäisten mallien yhteydessä). Ajatus jossa tullaan lähelle musiikin kieliulottuvuutta on tämän toimijuuden kytkös sosiaaliseen vuorovaikutukseen ja musiikin ekspressiivisyyteen, eli oletukseen siitä että musiikilla joku ilmaisee jotakin. Dell’Annan ja kumppaneiden (2021) hypoteesin mukaan osa musiikin palkitsevuudesta syntyy siitä, että toimijuus on jaettua (eng. joint agency) ja sosiaalisesti merkityksellistä toimintaa. Ajatukseen kuuluu myös se, että koska musiikki on (aina) sosiaalista (toimijuus on jaettua), se on myös ekspressiivistä, minkä voi tulkita kahdella tavalla. *Heikon version* mukaan yhteinen toimijuus liittyy vain musiikillisen vuorovaikutuksen tilanteisiin, jossa on fyysisesti mukana muita muusikoita. *Vahvan version* mukaan yhteisen toimijuuden kokemus on jossakin määrin aina läsnä riippumatta siitä, onko muita ihmisiä läsnä vai ei. Nimittäin jos musiikki perustuu viime kädessä aina kommunikaatioon, voi olettaa, että yhteisen toimijuuden kokemus ulottuu myös itsenäiseen musiikkiin kuluttamiseen tai tuottamiseen.

### **Mikä tekee musiikista kielen?**

Edellistä ajatuskulkua seuraten voi tiivistää, että ekspressiivisyys eli ajatus musiikin taustalla olevasta ilmaisija-hahmosta tekee musiikista kommunikaatiota ja siksi kielellistä. Musiikkia kuunteleva ihminen samastuu musiikin esittäjään motorisen simulaation kautta (peilisolut) saaden osittaisen ymmärryksen siitä, kuinka nuo kuullut äänet on tuotettu. Viitekehysten taustalla on myös oletus, että *musikaalisuus* on ihmisen synnynnäinen ominaisuus (siinä missä *musiikki* on kulttuurin tuote), jonka biologinen perusta löytyy osittain kommunikaatioon liittyvistä neuraalisista resursseista. Näin ollen musiikkia havaitaan ja tuotetaan aina osittain kommunikaatioksi, ja se aina osittain ilmaisee jotakin.

## **Kellerin malli ja aktiivinen päättely**

Viime aikoina ennustavaan koodaukseen perustuva lähestymistapa musiikkikognitiossa on ottanut huomioon toiminnan ja havainnon kytköksen osana bayesilaisen päättelyn teoriaa. Aktiivisen päättelyn teoria (eng. active inference) huomioi toiminnan ja top-down -ennusteiden yhteispelin ennustusvirheiden käsittelyssä, ja näkee aikaisemmin käsitellyn bayesilaisen päättelyn toimivan aktiivisena havainnon ja toiminnan vuorovaikutuksena. Aktiivisen päättelyn mallissa toiminnan tehtävänä on luoda sensomotorisia ennustuksia, joita havaintojärjestelmä joko vahvistaa tai päivittää (Vuust ym., 2022). Dell'Anna ja kumppanit samastavat aktiivisen päättelyn ja Kellerin mallin kollektiivisesta musisoinnista. Kellerin malli (keltainen laatikko kuvassa 1) on luotu kuvaamaan taitoja, joita yhtyemuusikot tarvitsevat voidakseen musisoida keskenään. Näitä kompetensseja ovat ensinnäkin korkeamman tason kognitiiviset toiminnot, joita tarvitaan laajemman musiikillisen tavoitteen hahmottamiseksi, mutta olennaisempia ovat sensomotoriset ennakoivat taidot, joita tarvitaan muusikoiden yhteiseen koordinaatioon elävän musiikin alati vaihtelevan rytmin ja tulkinnan kanssa. Nämä sensomotoriset tehtävät ovat *keskinäinen ajoituksen adaptaatio* (yhteisessä rytmisissä pysyminen läpi mikrotason tulkinnallisen vaihtelun; eng. mutual adaptive timing), *priorisoitu integraatiivinen tarkkaavaisuus* (on otettava muiden musisointi huomioon, vaikka omaan musisointiin kiinnitetäänkin enemmän tarkkaavaisuutta; eng. prioritized integrated attention) ja *ennakoiva mielikuvitus* (kanssamuusikoiden musiikillisten ratkaisujen ennakointi; eng. anticipatory imagery.)

## **Virittäytyminen**

Viimeinen komponentti on kehollinen virittäytyminen liittyy musiikin kykyyn vaikuttaa ihmisen fysiologiseen tilaan ja liittyy osittain samaan ilmiöön, kun aikaisemmin käsiteltiin kehollista resonanssia. Tämä on havaittu esimerkiksi tutkimuksessa, jossa tarkasteltiin koehenkilöiden askelpituutta, kun nämä kävelivät samatempoisten, mutta eri genrejä edustavien musiikkikappaleiden tahdissa (Leman ym., 2013). Kun askeltiheys vakioitiin, huomattiin että musiikkigenrellä oli vaikutus askelpituuteen eli energian määrään, jota koehenkilöt käyttivät kävellessä.

## **Tutkimustuloksia ja tulkintaa viitekehysten valossa**

Ensimmäisessä tutkimuksessa Dell'Anna ja kumppanit (2018) testasivat ilmöitä nimeltään keskinäinen adaptiivinen tahdistuminen (eng. mutual adaptive timing, MAT), ominaisuutta jonka voi ajatella heijastavan yhtä universaalia musikaalisuuden komponenttia (eng. protomusicality)

keskinäisen vuorottelevan naputuksen tutkimusparadigman avulla. Koehenkilöt eivät olleet muusikkoja. Tutkijat mittasivat parien adaptiivisuuden määrää vertaamalla parin keskinäistä asynkronian korrelaatiota metronomiin. Kokemusta kehon omistajuudesta sekä toimijuuden kokemusta he mittasivat subjektiivisilla likert-asteikoilla sekä peilisoluaktivaatiota transkraniaalisen magneettistimulaation (TMS) aikaansaamalla etusormen motorisella aktivaatiolla (eng. motor evoked potential, MEP). Ensimmäisessä asetelmassa koehenkilön tuli synkronoida naputustaan metronomin tahtiin yksin, toisessa hänen piti adaptoitua pöydän vastapäätä istuvan parin osoittamaan tahtiin. Kolmannessa piti adaptoitua koehenkilön vieressä istuvan parin osoittamaan tahtiin niin, että koehenkilö käytti oikeaa kättään samalla kun hänen vasen käsi oli peitettyä tältä itseltään, sekä samalla kun parin vasen käsi oli asennossa, kuin se olisi koehenkilön oma käsi (kuten kumikäsi-illuusiassa). Tulokset osoittivat, että adaptaatio oli yhtä vahvaa toisessa ja kolmannessa asetelmassa. Kolmannessa asetelmassa kokemus kehon omistajuudesta sekä yhteisestä toimijuudesta oli suurempaa, sillä siinä parin käsi koettiin omaksi. Kortikospinaalinen aktivaatio jonka pitäisi heijastaa peilisolujärjestelmän aktivaatiota asetelmassa kolme oli yhtä alhaista kuin asetelmassa yksi, kun taas asetelmassa kaksi peilisolujärjestelmän rooli on suurempi koetun sosiaalisen vuorovaikutuksen takia. Viitekehyksen valossa tämä tarkoitti tutkijoille (Dell’Anna, Leman & Berti, 2021) osoitusta musikaalisuuden universaalista perustasta, sillä musiikissa harjaantumattomat pystyivät koordinoimaan yhteistä tahdistumistaan Kellerin mallin kompetenssien mukaisesti, ja he ehdottivat, että onnistuneen adaptaation taustalla mahtaisi vaikuttaa kokemus jaetusta toimijuudesta.

Toisessa tutkimuksessa tutkittiin jazzmuusikoiden peripersonallisen tilan havaitsemista tilanteissa, joissa kanssamuusikko soitti joko yhteistyökykyisesti tai epäyhteistyökykyisesti tunnettuun jazz-standardimelodiaan. Peripersonallisen tilan havaitsemista mitattiin audiotaktiilisen integraation tehtävällä, jossa ideana on, että lähellä (peripersonallisessa tilassa) soitettu äänimerkki nopeuttaa taktiiliseen ärsykkeeseen reagointia verrattuna kaukana soivaan äänimerkkiin. Kokeessa huomattiin, että epäyhteistyökykyinen jazz-kansasoittaja sai koehenkilön peripersonallisen tilan katoamaan, minkä tutkijat tulkitsivan tukevan ajatusta siitä, että musiikki kehollisena kielenä vaikuttaa tilan havaitsemiseen; kun peripersonallista tilaa ei ole, ei ole jaettua toimijuutta. Peripersonallisen tilan katoaminen on kirjoittajien mielestä merkki musiikin sosiaalisesta ja kommunikatiivisesta luonteesta. Musiikillisella vuorovaikutuksella on kyky vaikuttaa ihmisten kokemukseen häntä ympäröivästä tilasta, ja edelleen, peripersonallisen tilan katoaminen voidaan tulkita myös jaetun toimijuuden kokemuksen puutoksena. Jaettu toimijuus olisi tällöin välttämätön edellytys onnistuneelle musisoinnille, “musiikinkielelliselle” yhteydelle ihmisten välille.

Kolmannessa tutkimuksessa tutkittiin parilaulua synkronian ja jaetun toimijuuden kokemuksen näkökulmasta. Parilaulun tutkiminen mahdollisti ajassa muuttuvan toiminnan paremman ymmärtämisen. He mittasivat dynaamisesti tietokonealgoritmin avulla parien ajoituksen synkroniaa sekä subjektiivisesti jaettua toimijuuden kokemusta sekä koettua esityksen laatua. Koetun laadun sekä ajallisen tarkkuuden välillä oli suurempi yhteys kuin jaetun toimijuuden sekä ajallisen tarkkuuden välillä, mutta yhteys löytyi molemmissa subjektiivisissa mittareissa. Juuri ajoituksen synkronian sekä jaetun toimijuuden kokemuksen yhteyden kirjoittajat tulkitsivat suoraksi osoitukseksi heidän mallinsa toimivuudesta: jaettu toimijuus on olennainen osa onnistunutta musiikintekoa.

## 4. Pohdinta

Klassinen musiikkikognition paradigma on pitkään nähnyt musiikillisen mielen toiminnan yksisuuntaisena ja suoraviivaisena informaatiovirtana, jossa mieli vastaanottaa tietoa ulkomaailmasta aistien välityksellä, kääntää sen symbolikieleksi, mistä seuraa lopputuotteena toimintaa, kuin mieli olisi tietokone (Maes ym., 2014). Tässä katsauksessa käsitelty uudempi *kehollisen musiikkikognition* tai “vuorovaikutuksellisen kognition” paradigma haastaa vanhaa käsitystä. Se painottaa ihmiskehon roolia toimia *välittäjänä* mielen ja ulkomaailman välillä (Leman ym., 2018) sekä monimutkaista *vuorovaikutusta*, joka vallitsee mielen, kehon, musiikin ja muiden ihmisten välillä (Dell’Anna ym., 2021). Ensinnäkin, se painottaa havainnon ja toiminnan kytköstä, mikä tulee esille kun tarkastellaan motorisen järjestelmän tai sisäisten mallien toimintaa musiikin havaitsemisessa. Useat tutkimukset osoittavat, että keholliset tilat vaikuttavat tapaamme vuorovaikuttaa musiikin kanssa, ja että musiikki vaikuttaa kehollisiin tiloihin. Toiseksi, “radikaalin teesin” mukaan musiikkikognitio on dynaaminen prosessi, jonka toiminta määräytyy mm. musiikin psykoakustisten ominaisuuksien sekä kehon luontaisten biomekaniikan kautta (Maes, 2016). Kolmanneksi, tutkimuslinjan tuoreessa viitekehyksessä ehdotetaan, että musiikkia tulee tarkastella kuin se olisi *kieli*, jotta musiikin kehollinen, ennustuksellinen ja sosiaalinen luonne voitaisiin kaikki huomioida (Dell’Anna ym., 2021). Viitekehyksessään Dell’Anna ja kumppanit (2021) yhdistävät kunnianhimoisesti useita eri tutkimusperinteitä, mikä hälventää rajoja “klassisen” ja kehollisen musiikkikognition väliltä. Ja toisaalta pitää muistuttaa, että mitään dramaattisia rajoja lähestymistapojen välillä ei ole välttämättä koskaan ollutkaan; Leman ja kumppanit haluavat ajatella (2018), että kehollisuuden mukaan ottaminen on vain klassisen paradigman kehittämistä, ja kenties samanlaisena laajenemisena voi nähdä myös Dell’Annan, Lemanin ja Bertin viitekehysten.



Kehollinen kognitio ja -musiikkikognitio ei ole säästynyt kritiikiltä. Kritiikissään Goldinger, Papesh, Barnhart, Hansen ja Hout (2016) ilmaisevat tyytymättömyyttään siihen heidän mielestään liian naiiviin innostukseen, jolla kehollisen kognition lähestymistapaa sekä tähän liittyvä spekulatio paradigman vaihdoksesta on otettu kognitiotieteissä vastaan. Suuresta suosiostaan huolimatta kehollisen kognition perusolettamukset ovat kirjoittajien mukaan joko kopioituja muista lähteistä (kuten evoluutioteoriasta), epäselviä, itsestäänselviä ja joskus jopa järjettömiä. Artikkelissa käydään läpi useita kognitiivisen psykologian peruslöydöksiä, joita kehollinen kognitio ei voi selittää kuten sen, että monien lauseiden lukeminen ei sisällä mitään keholla simuloitavaa sisältöä. Artikkelin lopullinen viesti on, ettei kehollinen kognitio voi korvata klassista kognition paradigmaa, sillä heidän mukaan siihen ei ole vielä edellytyksiä.

Vastauksessaan ylläolevaan kritiikkiin Wołoszyn ja Hohol (2017) esittävät, että keskeisin virhe johon opponentit syyllistyvät oli väärä ymmärrys siitä, mitä kehollisella kognitiolla tarkoitetaan. Wołoszynin ja Hoholin mielestä oikea tapa ymmärtää kehollinen kognitio olisi nähdä se *tutkimushankkeena* (eng. research program), eikä varsinaisesti kilpailevana teoriana, kuten opponentit (Goldinger ym., 2016) olivat asiaa lähestyneet. Tutkimushanke merkitsee ennen kaikkea sellaisia metodologisia ja heuristisia lähestymistapoja, joista ajan kuluessa syntyy tarkempia hypoteeseja ja teorioita. Samalla linjalla ovat Maes ja kumppanit (2014) pohtiessaan, että vaikka kehollisen kognition heikkous onkin se, ettei sitä voi falsifioida, heidän mielestä sen pohjalta voi kuitenkin muodostaa selkeämpiä falsifioitavissa olevia hypoteeseja. Toiviainen (2022) tarjoaa myös optimismia: “Musiikinpsykologiselle tutkimukselle kehollisen kognition teoria kuitenkin tarjoaa käyttökelpoisen näkökulman tarkastella musiikillisen toiminnan kehollis-motorista luonnetta.”

Kehollinen musiikkikognitio on vielä nuori ala, ja kenties siksi sen rajat eivät ole kovin selkeät. Leman ja kumppanit (2018) hahmottelevat, että musiikin kehollisuuden tutkimuksessa on nähtävissä kaksi suuntaa: (a) kehollisuuden yksityiskohtainen tutkimus ja (b) kehollisuuden käsitteen laajentaminen eli uusien näkökulmien mukaan ottaminen. Kehollisuuden yksityiskohtaisempi ymmärtäminen on jatkoa sille tutkimusperinteelle jota tässä artikkelissa esiteltiin, kun tarkasteltiin motorisen järjestelmän vaikutuksia musiikin havaitsemisessa, tai kun käsiteltiin radikaalia teesiä. Näkökulmien laajeneminen tarkoittaisi kehollisuuden laajempaa kontekstualisointia ja linkittämistä muihin lähialoihin, kuten musiikillisten emootioiden tutkimukseen, hyvinvoinnin tutkimukseen, aivotutkimukseen ja musiikkiteknologiaan (Leman ym., 2018). Myös paremmasta musiikin kulttuurisesta ja historiallisesta ymmärryksestä on tarvetta monipuolistaamaan uutta paradigmaa (Leman ym., 2018). Leman ja kumppanit (2018) nostavat myös esille, että mitä käytännönläheisempää musiikin kehollisuuden tutkimus on, luultavasti sitä

hyödyllisempiä käytännön sovelluksia se saattaisi mahdollistaa musiikkikasvatuksen, urheilun, vapaa-ajan, kuntoutuksen ja hyvinvoinnin konteksteissa. Lisäksi kahta 4E:n komponenttia, sijoittunutta ja aktiivista komponenttia ei vielä kunnolla huomioitu kehollisen musiikkikognition tutkimuksessa, mikä saattaa muuttua jatkossa (Dell'Anna, Leman & Berti, 2021). Dell'Anna, Leman ja Berti (2021) olettavat näkevänsä monitieteellisyyttä alan tulevaisuudessa, ottaen huomioon tutkimuskohteen monimutkaisuuden.

Yhteenvedettynä tähänastisen kehollisen musiikkikognition paradigman teoriasta ja empiriasta piiryy kuva, jossa musiikillinen kognitio emergoituu sosiaalisesti merkityksellisestä vuorovaikutuksellisesta toiminnasta. Yksilön näkökulmasta se tapahtuu sensomotoriikan, bayesilaisin periaattein toimivan kognition ja musiikin affordanssien vuorovaikuttaessa dynaamisesti keskenään. Musiikista palkitsevaa tekee sen synnyttämä illusiorinen tai todellinen tunne (jaetusta) toimijuudesta sekä se, että se on sosiaalisesti ja introspektiivisesti merkityksellistä.

## Lähteet

- Bigand, E., Delbe, C., Poulin-Charronnat, B., Leman, M., Tillmann, B. (2014) Empirical evidence for musical syntax processing? Computer simulations reveal the contribution of auditory short-term memory. *Frontiers in Systems Neuroscience* 8. DOI=10.3389/fnsys.2014.00094
- Collyer, C. E., Broadbent, H. A., and Church, R. M. (1994). Preferred rates of repetitive tapping and categorical time production. *Perception & Psychophysics* 55, 443–453. doi: 10.3758/BF03205301
- Dell'Anna, A., Fossataro, C., Burin, D., Bruno, V., Salatino, A., Garbarini, F., et al. (2018). Entrainment beyond embodiment. *Neuropsychologia* 119, 233–240. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2018.08.017
- Dell'Anna, A., Leman, M. & Berti, A. (2021). Musical Interaction Reveals Music as Embodied Language. *Frontiers In Neuroscience* 15
- Goldinger, S.D., Papesh, M.H., Barnhart, A.S., Hansen, W. A., Hout, M. C. (2016). The poverty of embodied cognition. *Psychon Bull Rev* 23, 959–978. <https://doi.org/10.3758/s13423-015-0860-1>
- Haslinger, B., Erhard, P., Altenmüller, E., Schroeder, U., Boecker, H., Ceballos-Baumann A. O. (2005). Transmodal Sensorimotor Networks during Action Observation in Professional Pianists. *J Cogn Neurosci*; 17 (2): 282–293. doi: <https://doi.org/10.1162/0898929053124893>
- Heyes, C. M. (2010). Where do mirror neurons come from? *Neurosci. Biobehav. Rev* 34, 575–583. doi: 10.1016/j.neubiorev.2009.11.007

- Kuhn, T. S. (1962). *The Structure of Scientific Revolutions*. University of Chicago Press. ISBN: 9780226458113
- Large, E. W. (2011). "Musical tonality, neural resonance and hebbian learning," in *Mathematics and Computation in Music*, Vol. 6726, Lecture Notes in Computer Science (LNCS), eds C. Agon, E. Amiot, M. Andreatta, G. Assayag, J. Bresson, and J. Manderau (Berlin; Heidelberg: Springer), 115–125.
- Leman, M., Moelants, D., Varewyck, M., Styns, F., van Noorden, L., and Martens, J. P. (2013). Activating and relaxing music entrains the speed of beat synchronized walking. *PLoS ONE* 8:e67932. doi: 10.1371/journal.pone.0067932
- Leman, M., Nijs, L., Maes, P-J. & Van Dyck, E. (2018). What is Embodied Music Cognition? Teoksessa Badler, R. (toim.) *Springer handbook of systematic musicology* (s. 747 - 760). Springer. New York.
- Leman, M., Lesaffre, M. & Maes J-P. (2017) What is Embodied Music Interaction? Lesaffre, M., Maes J-P. & Leman, M. (toim.), *The Routledge Companion to Embodied Music Interaction* (s. 1-10). *Routledge*. New York; London.
- MacDougall, H. G., and Moore, S. T. (2005). Marching to the beat of the same drummer: the spontaneous tempo of human locomotion. *Journal of Applied Physiology* 99, 1164–1173. doi: 10.1152/jappphysiol.00138.2005
- Maes, P-J, Leman, M., Palmer, C. & Wanderley, M. M. (2014) Action-based effects on music perception. *Frontiers in Psychology* 4
- Maes P-J. (2016) Sensorimotor Grounding of Musical Embodiment and the Role of Prediction: A Review. *Frontiers in Psychology* 7:308. doi: 10.3389/fpsyg.2016.00308
- Manning, F. & Schutz, M. (2013). "Moving to the beat" improves timing perception. *Psychon Bull Rev* 20: 1133 – 1139.
- Naveda, F., Leman, M., (2009) Periodic Pattern Analysis of Samba Music and Dance. *Journal of New Music Research*, Vol. 38, No. 3: 255-283.
- Schubotz, R. (2007). Prediction of external events with our motor system: towards a new framework. *Trends in Cognitive Sciences* 11: 211-218. doi.org/10.1016/j.tics.2007.02.006.
- Sedlmeier, P., Weigelt, O., Walther E. (2011). Music is in the Muscle: How embodied cognition may influence music preferences. *Music Perception*. Vol. 28, No. 3: 297-306

- Sethares, W. A. (1993). Local consonance and the relationship between timbre and scale. *Journal of Acoustical Society of America* 94, 1218–1228. doi: 10.1121/1.408175
- Styns, F., van Noorden, L., Moelants, D., and Leman, M. (2007). Walking on music. *Human Movement Science* 26, 769–785. doi: 10.1016/j.humov.2007.07.007
- Su, Y. H., Pöppel, E. (2012). Body movement enhances the extraction of temporal structures in auditory sequences. *Psychological Research* 76, 373–382. <https://doi.org/10.1007/s00426-011-0346-3>
- Toiviainen, P (2022). Musiikki ja kehollisuus. Teoksessa Louhivuori, J., Saarikallio, S., Toiviainen, P., Roiha (toim.), *Musiikkipsykologia*. Eino Roiha -säätö. Jyväskylä.
- Trimarchi, P. D., and Luzzatti, C. (2011). Implicit chord processing and motor representation in pianists. *Psychological Research* 75, 122–128. doi: 10.1007/s00426-010-0292-5
- Wołoszyn, K., Hohol, M. (2017). Commentary: The poverty of embodied cognition. *Frontiers in Psychology*. Vol 8. DOI=10.3389/fpsyg.2017.00845
- Vuust, P., Heggli, O. A., Friston K. A., Kringelbach, M. L. (2022) Music in the brain. *Nature Reviews Neuroscience*. <https://doi.org/10.1038/s41583-022-00578-5>