

MUSIIKIN HARJOITTELU JA SEN VAIKUTUKSET

KARI AHONEN

TAITO OPITAAN HARJOITTELEMALLA | ANATOMISET MUUTOKSET | FYSIOLOGISET MUUTOKSET
| KOGNITIIVISET MUUTOKSET | SÄÄTELYPROSESSIN MUUTOKSET | SIIRTOVAIKUTUS |
HARJOITTELUN VAIKUTUKSET JA KOULUTUKSEN SUUNNITTELU | LÄHTEET

Tämän artikkelin kirjoittamiseen motivoi Tarja Tereskan (2003) väitöstutkimuksen tulos luokanopettajaopiskelijoiden käsityksistä itsestään musiikinopettajina. Kolmannes kohdejoukosta, suomenkielisten opettajankoulutuslaitosten toisen vuosikurssin opiskelijoista (N = 590), koki musiikkitaitonsa, erityisesti musiikin johtamisen ja soittamisen, riittämättömiksi koulun musiikinopetukseen. Lähes kolmannes opettajaopiskelijoista ilmoitti, etteivät he halua opettaa musiikkia omalle luokalleen ja jopa puolet antaisi musiikkitunnit taitavamman kollegan hoidettaviksi puutteellisiksi kokemiensa taitojen takia. Tereskan mukaan tilannetta voidaan korjata vain suunnittelemalla opiskelijavalinta niin, että opettajankoulutukseen rekrytoituu musiikkitaitoisia opiskelijoita.

Opiskelijavalintaa käsittelevissä kehityskeskusteluissa Savonlinnan opettajankoulutuslaitoksessa on kuitenkin toistuvasti tuotu esiin näkemys, että valinnassa tulisi toteutua tasa-arvoisuuden periaate: opiskelijalle ei saisi olla etua siitä, että hän on aikaisemmin kehittänyt musiikkitaitojaan. Tällainen näkemys on erikoinen kahdestakin syystä. Ensiksi, se tuntuu asettavan musiikkitaidot ja muut kognitiiviset valmiudet eriarvoiseen asemaan. Opiskelijavalinnoissahan on kysymys työhön parhaiten soveltuvien yksilöiden valinnasta. Jos taas opettajankoulutuksen tavoitteisiin sisällytetään musiikin opetustaito, näkemys jo hankittujen musiikkitaitojen sivuuttamisesta tasa-arvoon vedoten näyttää tyystin sivuuttavan oppimispsykologisen tutkimuksen tulokset taidon olemuksesta ja sen kehittymiseen vaikuttavista tekijöistä. Näiden tuloksien valossa ei nimittäin ole uskottavaa, että musiikkitunneilla tarvittavat taidot, esimerkiksi laulujen säestystaito, on opittavissa muutamissa kymmenissä tunneissa. Pikemminkin musiikkitaidot kuten muutkin taidot edellyttävät useiden vuosien harjoittelua, joka on aloitettu riittävän varhaisessa vaiheessa. Tämän artikkelin tarkoituksena onkin tarkastella musiikkitaidon oppimista harjoittelun näkökulmasta ja tuoda esiin, millaisia anatomisia, fysiologisia, kognitiivisia ja metakognitiivisia vaikutuksia musiikin pitkäaikaisella harjoittelulla on empiirisissä tutkimuksissa todettu olevan.

Yleisiin oppimisen luonnetta koskeviin käsityksiin on voimakkaasti vaikuttanut ns. deklarativisen tiedon, siis perinteellisen kirjatiedon, omaksumiseen liittyvä tutkimus. Tällaisen tutkimuksen kohteena ovat usein varsin suppeat oppimistehtävät, ja saavutuksia mitataan hyvin lyhytaikaisten tuokioiden perusteella. Tyypillisessä tutkimusasetelmassa koehenkilön tehtävänä on lukea jokin teksti-

katkelma ja valmistautua vastaamaan tekstiä koskeviin kysymyksiin. Lukemisen jälkeen oppimista kartoitetaan lomakekyselyn avulla ja vastausten perusteella tehdään päätelmiä oppimisen luonteesta ja siihen mahdollisesti vaikuttaneista tekijöistä.

Perinteisessä oppimistutkimuksessa proseduraalisten taitojen oppiminen on saanut vähemmän huomiota osakseen. Tällaisessa oppimisessa ei ole kysymys vain oppijan mielensisäisistä prosesseista (kuten esimerkiksi päässäälaskussa), vaan suoritukseen liittyy usein motorista toimintaa ja suorituksen ohjaamista reaaliaikaisen havaintoinformaation varassa. Suoritus edellyttää siis monien aistien yhtäaikaista, koordinoitua toimintaa. Noviisi–ekspertti-tutkimukset ovat tässä suhteessa laajentaneet näkökulmaa oppimiseen. Näissä tutkimuksissa kohteeksi on otettu musiikin pitkäaikainen harjoittelu ja on pyritty selvittämään, miten korkeatasoinen suoritus kehittyy intensiivisen suuntautumisen ja erityisten koulutuskokemusten seurauksena.

Muusikot ovat tutkimuksellisesti ihanteellinen kohdejoukko monestakin syystä. Ensiksi, musiikin harjoittelu on aloitettu yleensä jo lapsena eli vaiheessa, jossa aivojen muovautuminen on herkimmillään. Monia muita taitoja opetellaan vasta aikuisiässä: esimerkiksi hävittäjälentäjä lähtee ensimmäiselle lennolleen ja kirurgi tekee ensimmäisen viiltonsa vaiheessa, jossa heidän muusikkoikätoverinsa ovat kehittäneet taitoaan jo tuhansia tunteja. Toiseksi, musiikin harjoittelu on pitkäaikaista ja säännöllistä ja jatkuu vuosia. Kolmanneksi, harjoittelun kohteena ovat suoritukset, jotka poikkeavat verbaalisen informaation käsittelystä siten, että ne edellyttävät sekä motorista että kognitiivista oppimista. Näennäisesti saattaa vaikuttaa siltä, että soiton harjoittelussa kohteena ovat pääasiassa motoriset taidot, mutta todellisuudessa motoristen taitojen ohessa kehitetään muitakin valmiuksia.

TAITO OPITAAN HARJOITTELEMALLA

Soittotaito kuten muutkin motoriset taidot opitaan toistojen avulla. Alun perin vaikea suoritus muunnetaan helpoksi ja sujuvaksi toistamalla suoritusta riittävän monta kertaa. Sujuvuus näkyy suorituksen nopeutumisena, vaivattomuutena ja virheiden vähenemisenä. Sujuvuuden lisääntymistä on perinteisesti kuvattu oppimiskäyrällä: suoritus muuttuu ensimmäisten toistojen jälkeen melko nopeasti, mutta muutosvauhti hidastuu oppimisen edistyessä. Tiedonkäsittelyn näkökulmasta toistoja tarvitaan, jotta uusi taitoaines siirtyisi työmuistista säilömuistiin. Vähitellen monien toistojen tuloksena opittava aines saadaan haltuun niin, että se on helposti mieleen palautettavissa ja sovellettavissa uusissa tilanteissa.

Kaikkien taitojen oppimisessa on yhteisiä piirteitä. Pressing (1988, 139) on jakanut taidon oppimisen kolmeen vaiheeseen. Oppimisen alkuvaiheessa harjaannutaan käyttämään taidon perusyksiköjä ja huomioimaan suoritukseen vaikuttavaa oleellista havaintoinformaatiota. Tässä vaiheessa suoritus on hidas ja kömpelö, sillä se vaatii tietoista säätelyä, valvontaa ja ohjaamista – tempun jou-

tuu tekemään kieli keskellä suuta. Oppimisen välivaiheessa suorituksessa siirrytään käyttämään laajempia toimintayksiköjä, jotka syntyvät perusyksiköjä yhdistelemällä. Soittosuorituksessa tämä tarkoittaa esimerkiksi sitä, että edellinen vaihe johtaa uuteen vaiheeseen, jolloin edellisen vaiheen suoritus laukaisee siirtymisen uuteen vaiheeseen. Laajan sävellyksen esittäminen merkitsee näin ollen pitkää ja monipolvista toimintojen ketjua. Välivaiheessa havaintoinformaation käsittely terävöityy ja suorituksen tueksi kehittyvät sisäisiä malleja. Suorituksen alkaa ilmaantua ekspressiivistä sujuvuutta, jota luonnehtii ”antaa mennä” -tunne: sormet toimivat koskettimistolla tai otelaudalla aika ajoin kuin näkymättömän agentin ohjaamana. Kolmannessa vaiheessa, automaattisuuden vaiheessa, suoritus ei vaadi enää tietoisia ponnisteluja. Kädet elävät ikään kuin omaa elämänsä, ainoastaan tilanteen musiikillisten vaatimusten ohjaamina: eräässä mielessä musiikki ohjaa soittajaa. Tämä taso mahdollistaa ilmaisullisuuden, sillä nyt aikaisempiin vaiheisiin liittynyt väliaineen vastus – niin motorisista kuin kognitiivisistakin rajoituksista johtuva – on voitettu. Muutos kontrolloidusta suorituksesta automaattiseen suoritukseen on harjoittelun pitkän tähtäimen tavoite.

Jotakin samanlaista kuin on automaattisuuden mukanaan tuoma sujuvuus voi kokea siinä vaiheessa, kun oppii ajamaan polkupyörällä, vaikka se soittamiseen verrattuna onkin melko karkea taito. Pyörä tuntuu vievän ajajaansa, ja ajaja saattaa tuntea jonkinlaista vauhdin hurmaa. Jos metaforaan liitetään soittosuorituksen ekspressiivinen puoli, voitaisiin se rinnastaa polkupyörän ohjastamiseen: saman reitin voi ajaa erilaisia ajolinjoja käyttäen. Soitossa nuottikuva antaa suoritukselle sen keskeiset koordinaatit, mutta soittaja oman taitonsa ja ekspressiivisten mieltymystensä siivittämänä voi säädellä yksityiskohtien muotoilua.

Harjoittelun määrän ja taitotason välillä on selvä empiirinen yhteys: saavutettu taitotaso riippuu olennaisesti harjoittelun määrästä ja säännöllisyydestä. Mitä enemmän taidon harjoitteluun uhrataan aikaa, sitä paremmaksi siinä yleensä tullaan. Eräiden tutkimusten mukaan (ks. esim. Ericsson ym. 1993; Ericsson & Lehmann 1996; Sloboda 2000) eksperttitasoinen muusikko on harjoitellut noin 10 000 tuntia 21 ikävuoteen mennessä taitonsa saavuttamiseksi. On selvää, että myös muusikot, jotka eivät edusta korkeinta taitotasoa, ovat käyttäneet harjoitteluunsa huomattavan paljon aikaa.

Yksinomaan aikaulottuvuus ei kuitenkaan riitä täysin selittämään suoritustason nousua. Olennaista on myös, kuinka tuo aika käytetään: millaista harjoittelua on laadullisesti. Ericsson ym. (1993) erottivat muusikkojen harjoittelua kartoittaneessa tutkimuksessaan eksperttitasolle tyypillisen harjoittelun lajin, tarkoituksellisen harjoittelun (*deliberate practice*). He luonnehtivat sitä yksilölliseksi, opettajan tai valmentajan ohjeiden mukaan tapahtuvaksi harjoitteluksi, jossa suoritusta pyritään parantamaan toiston ja välittömästi seuraavan korjaamisen avulla. Tarkoitukselliseen harjoitteluun liittyy jatkuva suorituksen tarkkailu siinä mahdollisesti esiintyvien puutteiden paljastamiseksi. Puutteiden korjaamiseksi kehitetään erilaisia täsmäharjoituksia, jotka vahvistavat oikeata suoritusta tukevia toimintoja.

ANATOMISET MUUTOKSET

Soittimen tarkoituksenmukainen käsittely vaatii jonkinasteista anatomista mukautumista tehtävän vaatimuksiin. Soitin asettaa omat vaatimuksensa esimerkiksi soittoasennolle ja äänen tuottamiselle. Aloitteleva soittaja kokee nämä vaatimukset kaikista kouriintuntuvimmin: kitaransoittajasta saattaa tuntua, että kielet viiltävät vasemman käden sormenpäitä sointuja haettaessa. Harjoittelun seurauksena sormenpäät vähitellen karaistuvat, sallivat entistä pidemmät soittotuo-kiot. Ennen pitkää tämä harjoittelua kiusannut ongelma poistuu. Lihaksissa ja lihasryhmissä tapahtuu samanlaista adaptoitumista (mukautumista). Aloittelevasta viulunsoittajasta soittoasento tuntuu ensin hankalalta, sillä käsi ei taivu vaivattomasti otelaudalle. Vähitellen soittaja tottuu instrumenttiinsa niin, että soittoasento tuntuu luontevalta ja käsi hakeutuu vaivattomasti oikeaan asentoon. Kun harjoittelua sitten jatketaan vaikkapa vuosikausia, laajenee käsivarren liikkuvuus soittoasennon vaatiman ergonomisesti epämukavan kiertoliikkeen seurauksena. Pianistien kyynärvarren liikeradan on niin ikään todettu muuttuvan, mutta eri tavalla kuin viulistien; molemmilla soittajaryhmillä käsi-varsi on liikkuvampi kuin väestöllä keskimäärin (Wagner 1988).

Oboensoittaja voi hämmästyttää kuulijansa puhaltamalla pitkän soolon niin, ettei linja katkea välillä hengitykseen. Kuulija voi tulkita suorituksen ajattelemalla, että puhaltaja on ”saanut syntymälahjakseen” poikkeuksellisen suuret keuhkot. Todellisuudessa oboensoittaja joutuu kuitenkin opettelemaan harjoitteluvuosinaan ns. kiertoilmahengityksen, jossa hän samalla kun kuluttaa ilmaa puhaltamiseen myös ottaa sitä sisään. Kyseessä ei ole tavanomainen pallean ja keuhkojen avulla tapahtuva uloshengitys, vaan ilmaa varastoidaan poskiin ja suuonteloon ja puhalletaan ulos poskilihasten avulla. Puhallettaessa ilmaa ulos sitä otetaan samanaikaisesti sisään nenän kautta nopein nuuhkaisuin.

Musiikkipsykologinen tutkimus on viime aikoina kiinnostunut harjoittelun vaikutuksista aivojen muovautuvuuteen. Uusien kuvantamismenetelmien (magnetoenkefalografia, MEG; positroniemissiotomografia, PET; magneettiresonanssikuvaukset, MRI) avulla aivojen anatomista rakennetta ja neurofysiologisia toimintoja on voitu tarkastella entistä vaivattomammin. Tulokset ovat paljastaneet muusikkojen ja ei-muusikkojen välillä eroja aivojen anatomisessa rakenteessa ja funktionaalisissa toiminnoissa. Eroja on havaittu erityisesti aivopuoliskoja yhdistävässä aivokurkiaisessa, kuuloinformaatiota käsittelevässä ohimolohkossa ja pikkuaivoissa.

Schlaug ym. (1995) tutkivat muusikkojen aivoja ja vertasivat niitä ei-muusikkojen aivoihin. Kohderyhmät oli vakioitu iän ja sukupuolen mukaan. Tutkimuksessa havaittiin, että muusikkojen aivokurkiainen (*corpus callosum*) oli paksumpi kuin ei-muusikkojen. Edelleen havaittiin, että aivokurkiainen oli paksumpi niillä, jotka olivat aloittaneet soiton harjoittelun ennen 7. ikävuotta, kuin niillä, jotka olivat aloittaneet harjoittelun myöhemmin. Aivokurkiainen on lukuisia hermosäikeitä sisältävä informaatiotäyvä aivopuoliskojen välillä. Muusikoilla erityi-

sesti se osa aivokurkiaista, joka välittää motorista informaatiota, oli suurempi kuin ei-muusikoilla. Samassa tutkimuksessa havaittiin myös, että kuuloinformaatiota käsittelevä vasemman ohimolohkon aivoalue (*planum temporale*) on muusikoilla suhteellisesti suurempi kuin ei-muusikoilla. Tämä ero liittyi erityisesti ns. absoluuttiseen sävelkorvaan, sävelkorkeusmuistiin, jossa ilman soittimen apua kyetään tunnistamaan kuultava säveltaso.

Myös Gaserin ja Schlaugin (2003) tutkimuksessa havaittiin vahva yhteys soittotaidon ja aivorakenteiden välillä. Tutkimuksessa tarkasteltiin ammattimuusikoiden (kosketinsoittajien), amatöörimuusikoiden ja ei-muusikoiden pikkuaivoja (*cerebellum*). Pikkuaivojen on todettu olevan tärkeässä roolissa tuttujen liikesuoritusten ohjaamisessa ja kuuloaistia vaativien tehtävien kuten puheen tuottamisen, auditiivisen verbaalisen muistin ja musiikillisten tunnistustehtävien suorittamisessa (ks. Parsons ym. 2001; Gaab ym. 2003). Ammattimuusikkojen pikkuaivot olivat suhteellisesti suuremmat, vaikka aivojen kokonaiskoossa ei ollut eroja kohderyhmien välillä. Lisäksi harmaan aineen määrä oli muusikoilla suurempi erityisesti niillä alueilla, jotka vaikuttavat sormien ja käsien liikkeen säätelyyn.

Gaser ja Schlaug (emt.) olettavat, että havaitut erot ilmentävät rakenteellista adaptoitumista pitkäaikaiseen harjoitteluun eivätkä ole synnynnäisiä. Tätä tulkintaa tukee se, että havaittujen rakenteellisten erojen, muusikkouden asteen ja harjoittelun määrän välillä on johdonmukainen ja vahva yhteys. On tietysti mahdollista, että normaaliin yksilöiden väliseen anatomiseen variointiin sisältyy sellaisia poikkeuksellisia aivorakenteita, jotka edistävät erityistä taitoa vaativan suorituksen kehittymistä. Taitavaa suoritusta voitaisiin tällöin selittää pikemminkin tällaisella poikkeusrakenteella kuin harjoittelulla. Muusikkojen ja ei-muusikkojen välillä on havaittu eroja kuitenkin monilla anatomisesti erillisillä aivoalueilla, mikä antaa hyviä perusteita olettaa, että erot eivät ole synnynnäisiä vaan harjoittelusta johtuvia.

FYSIOLOGISET MUUTOKSET

Yksinkertaistetun käsityksen mukaan aivopuoliskot ovat eriytyneet työnjaossaan niin, että vasen puolisko (oikeakätisillä) suorittaa analyyttisten tehtävien prosessointia, esimerkiksi yksityiskohtien prosessointia, ja oikea puolisko vastaavasti asioiden kokonaisrakenteiden ja tilasuhteiden käsittelyä. Kielellisiä prosesseja ajatellaan käsiteltävän vasemmassa aivopuoliskossa, visuaalisia ja taiteeseen sekä musiikkiin liittyviä prosesseja oikeassa aivopuoliskossa. Kyseessä on kuitenkin karkea ja musiikin prosessoinnin osalta virheellinen yleistys. Jo aivopuoliskotutkimuksen alkuvaiheissa Bever ja Chiarello (1974) havaitsivat dikoottisen kuuntelun kokeissa, joissa melodioita soitettiin vuorotellen eri korviin, että muusikoilla ja ei-muusikoilla oli eroja aivopuoliskojen aktivoitumisessa musiikkia kuunneltaessa. Ei-muusikot suoriutuivat paremmin silloin, kun he kuuntelivat testimelodioita vasemmalla korvalla (jolloin informaation prosessoinnista vas-

taa oikea aivopuolisko), mikä näytti vahvistavan perinteistä käsitystä aivopuoliskojen työnjaosta. Muusikoiden tulos oli kuitenkin päinvastainen, sillä he suoriutuivat paremmin silloin, kun he kuuntelivat testimelodioita oikealla korvalla (jolloin informaation prosessoinnista vastaa vasen aivopuolisko).

Bever ja Chiarello tulkitsivat tulosta siten, että musiikkia opiskelleet käyttävät musiikin kuuntelussaan erilaista strategiaa kuin ei-muusikot. Muusikkojen prosessointitapa on analyttisempi ja muistuttaa kielen prosessointia, kun taas ei-muusikot suuntautuvat musiikkiin kokonaisvaltaisesti. Melodian ainesten näkökulmasta tarkasteltuna kuuntelustrategioita voidaan luonnehtia niin, että muusikot tarkkaavat melodialinjan yksityiskohtia intervallien tarkkuudella, kun taas ei-muusikot kiinnittävät huomiota melodian ylimalkaiseen kaarrokseen eli kontuuriin. Prosessointitapa vaikuttaa lopputulokseen siten, että muusikon käsitys kuulemastaan on musiikillisesti tarkempi kuin ei-muusikon. Useissa tutkimuksissa (ks. Peretz 1993, 221) on päädytty siihen tulokseen, että vasemman aivopuoliskon dominanssi viittaa kuulijan tonaaliseen tietämykseen. Tällä tietämyksellä tarkoitetaan länsimaiseen tonaaliseen musiikkiin kuuluvien keskeisten sävelyhdistelmien tai säännönmukaisuuksien hallintaa.

Aivopuoliskojen dominanssia on tarkasteltu myös tutkimuksissa, joissa kohdehenkilöinä on ollut aivovauriopotilaita (ks. esim. Peretz 1993). Vaurioituneiden alueiden perusteella on tehty päätelmiä aivotoimintojen lokalisoitumisesta. Nämä tutkimukset ovat vahvistaneet Beverin ja Chiarellon (1974) havainnon aivopuoliskojen erilaisesta dominanssista muusikoilla ja ei-muusikoilla.

Aivojen aktiviteettia musiikkisuorituksissa on tutkittu mittaamalla aivosolujen toiminnan aiheuttamia jännitevaihteluita pään pinnalta aivosähkökäyrän (elektroenkefalografia, EEG) avulla. Tutkimuksessa (Besson ym. 1994), jossa tehtävänä oli kuunnella poikkeamia musiikin säännönmukaisuuksista, oli kohdehenkilöinä muusikoita ja ei-muusikoita. Kuuntelumateriaalina käytettiin melodian säkeitä, joista osa päättyi funktionaalisesti ”oikein” (tyylinmukaisesti), osa taas ”väärin”. Poikkeamat olivat melodisia, rytmisiä tai soinnullisia. Koehenkilöryhmien aivosähkökäyrät erosivat toisistaan siten, että muusikoiden reaktiot olivat huomattavasti nopeampia kuin ei-muusikoiden.

Crummerin ym. (1994) tutkimuksessa aivojen sähköistä toimintaa tarkasteltiin sointivärin tunnistamisen yhteydessä. Sointivärillä tarkoitetaan sitä äänen ominaisuutta, jonka perusteella soittimet tai vaikkapa puheäännet tunnistetaan ja erotetaan toisistaan. Testimateriaalina käytettiin äänenkorkeudeltaan samantasoisia ääniä, joissa ainoana erona oli äänen tuottamisessa käytetty soitin. Helpoimmassa tehtävässä verrattiin alttoviulun ja sellon ääntä, keskivaikeassa puisen ja metallisen huilun ääntä ja vaikeimmassa B- ja F-vireistä tuubaa, jotka erovat toisistaan vain vähän. Aivosähkökäyrän muutokset olivat muusikoilla suurempia kuin ei-muusikoilla; reaktiot olivat nopeimpia niillä muusikoilla, joilla oli ns. absoluuttinen sävelkorva.

Pantevin ym. (1998) tutkimuksessa tarkasteltiin aivoalueiden aktivoitumista magnetoenkefalografian (MEG) avulla. Kuuloärsyksenä käytettiin sävelastei-

kon säveliä samalla kun kohdehenkilöiden tarkkaavaisuus suunnattiin videolta tulevaan piirrettyyn filmiin; tehtävässä on kyse passiivisen tarkkaavaisuuden muodosta, jossa aivot rekisteröivät ympäristön muutoksia kuuntelijan tarkkaavaisuudesta riippumatta. Tulosten mukaan musiikkia opiskelleilla aivoalueen aktivaatio oli 21–28 % laajempi kuin ei-muusikoilla. Aktivoituneen alueen laajuus oli verrannollinen musiikin opiskelun aloittamisikään. Laajentunut aktivaatio tuli esiin, mikäli opinnot oli aloitettu ennen 9. ikävuotta. Sama tyyppinen, harjoittelun aloittamisikään liittyvä muutos aivojen rakenteessa ja funktioissa tuli esiin tutkimuksessa (Elbert ym. 1995), jossa kartoitettiin viulistien vasemman käden sormien liikkeiden aiheuttamaa aivoaktivaatiota. Mikäli harjoittelu oli aloitettu ennen 12. ikävuotta, aivojen aktivaatioalue oli laajempi kuin sellaisilla soittajilla, jotka olivat aloittaneet harjoittelunsa myöhemmin.

KOGNITIIVISET MUUTOKSET

Musiikin harjoittelussa ei ole kysymys pelkästään sujuvan motoriikan tai teknisten taitojen oppimisesta. Yhdessä niiden kanssa kehittyvät myös musiikkia koskevat kognitiiviset valmiudet, jotka mahdollistavat paitsi musiikilliset suoritukset myös musiikin ymmärtävän kuuntelemisen. Harjoittelu muuttaa ennen pitkää niitä kognitiivisia mieltämysyksikköjä, joihin suoritus perustuu. Harjoittelun alkuvaiheessa yksiköt ovat pieniä, atomistisia, mutta harjoittelun edetessä niistä rakentuu laajempia, tonaalisen musiikin perusrakenteita vastaavia kokonaisuuksia. Tätä muutosta voidaan tarkastella vaikkapa nuotinlukutaidon kehittymisestä.

Nuotinlukua aloitteleva tarkkaa yksittäisiä visuaalisia merkkejä, koettaa muuntaa ne motorisiksi toiminnoiksi koskettimistolla ja samanaikaisesti valvoa suoritusta havaintoinformaation perusteella. Suoritus etenee hitaasti, askel kerrallaan, sillä aloittelijalle tuottaa jo vaikeuksia hahmottaa, millä viivalla tai missä välissä merkki sijaitsee. Sävellyksessä paljastuu vain vaivoin rytmisesti horjuvasta ja vääriä säveliä sisältävästä suorituksesta. Nuotinlukutaidon seuraavassa vaiheessa yksittäiset nuottimerkit opitaan hahmottamaan laajemmiksi rakenteiksi. Tällaisia rakenteita ovat kolmisoinnut, asteikkokatkelmat tai vaikkapa Albertin basso eli vasemman käden murtosointukuvio, jota on käytetty maneerinomaisesti monissa klassisen aikakauden sävellyksissä. Näitä rakenteita vastaavat soittosuorituksessa vakiintuneet otteet ja sormijärjestykset, joten mikäli soittaja saa suorituksessaan tällaisen rakenteen käyntiin, sujuu sen soittaminen yleensä virheettömästi. Suorituksen parantumisesta voidaan selittää taidon uudelleenjäsentelyllä: alkeellisen suorituksen atomistinen ryhmittely korvataan tehokkaammalla, laajempia havaintoyksikköjä käsittävällä ryhmittelyllä. Nuotinluvun sujuvassa vaiheessa assosiaatiot nuottikuvan ja sormien liikkeiden välillä ovat automatisoituneet. Nuottikuva synnyttää soittajassa auditiivisen, soivan mielikuvan, ja lisäksi hän ymmärtää nuottikuvan musiikilliset merkitykset. Merkityksien tajuaminen voi ilmetä esimerkiksi siten, että vaikka nuoteissa olisi painovirhe, soittaja toteuttaa nuottikuvan kuitenkin säveltäjän tarkoittamalla tavalla.

Mieltämisyksiköiden kasvaminen laajemmiksi rakenteiksi, korkeamman tason yksiköiksi, lisää tiedonkäsittelyn kapasiteettia ja auttaa hahmottamaan laajojakin informaatiomääriä. Suorituskyvyn kannalta ratkaisevaa onkin, minkä kokoisia havaittavat tai tallennettavat yksiköt ovat. Esimerkiksi muistaakseen lukusarjan 1952195319541955 ei tarvitse muistaa kaikkia 16 numeroa erikseen, vaan riittää, että havaitsee sen koostuvan neljästä vuosiluvusta, jotka alkavat Helsingin olympiavuodesta. Tällainen ryhmittely edellyttää harjoittelun seurauksena kehittyneitä tehtäväalueen tuntemusta, jonka avulla havainnon kohde voidaan nähdä erikokoisina mieltämisyksikköinä. (Eysenck & Keane 1990.)

Havaitsemisessa käytettävät mieltämisyksiköt ovat ratkaisevassa asemassa musiikin muistamisen kannalta. Harjoittelun seurauksena kehittyneet mieltämisyksiköt auttavat muusikkoa suorituksiin, jotka asiaan perehtymättömistä saattavat vaikuttaa ylivoimaisen vaikeilta. Tällainen suoritus voi olla vaikkapa musiikin nuotintaminen korvakuulolta, tehtävätyyppi, jota harjoitellaan tyypillisesti säveltapailutunneilla. Opettaja soittaa moniäänisen koraalityylisen katkelman, ja oppilaan tehtävänä on nuotintaa musiikki. Miten soivasta musiikista voi kuulla sointukudoksen erilliset horisontaaliset linjat ja miten ne saa kirjoitettua nuottikuvaksi? Tehtävän suorittaminen perustuu siihen, että opiskelija hahmottaa sävelmateriaalin yksittäisiä säveliä laajempina kokonaisuuksina. Vaikka soinnut koostuvat neljästä yhtä aikaa soivasta sävelestä, hän kuuntelee niitä vertikaalisina yhdistelminä, joita sitten käsittelee yksikköinä. Edelleen opiskelija suuntautuu kuuntelemaan, millaisia horisontaalisia kombinaatioita eli kadenssaalisia rakenteita peräkkäiset soinnut muodostavat. Onko kyseessä yhdistelmä I-VI-II-V vai I-IV-V-I? Hän ei tarkkaa vain kahden peräkkäisen soinnun suhdetta, vaan kiinnittää huomiota laajempaan hahmokokonaisuuteen. Tonaalisessa musiikissa sointuyhdistelmät ovat varsin ennustettavia eikä tietystä soinnusta edetä mihin hyvänsä sointuun. Niinpä harmonisten periaatteiden tuntemus valmistaa kirjoittajaa odottamaan tietynlaisia yhdistelmiä. Jos hän tilapäisesti unohtaa jonkin osan kuulemastaan sointusarjasta, voi hän täydentää puuttuvan osan tyyllillisen tietämyksensä perusteella.

SÄATELYPROSESSIEN MUUTOKSET

Soittaja joutuu tekemään varsinaisen harjoittelutyön yksin, oman ymmärryksensä ja aikaisempien kokemustensa varassa. Oppimisen itsesäätelytaidot ovat tässä prosessissa avainasemassa. Itsesäätelytaidot sisältyvät metakognition käsitteeseen, joka viime aikoina on noussut varteenotettavaksi selitystekijäksi lahjakkuuden tutkimuksessa (ks. esim. Alexander ym. 1995).

Soittajan omasta päätöksenteosta riippuu ensinnäkin, milloin ja missä hän harjoittelee sekä kuinka paljon hän uhraa aikaansa harjoitteluun. Toiseksi, harjoittelun tehokkuuden kannalta on ratkaisevaa, miten intentionaalista tehtävään suuntautuminen on, millaisia kohteita harjoiteltavasta tehtävästä valitaan tarkkaavaisuuden valokeilaan ja miten tarkoituksenmukaisesti valittuja kohteita pyri-

tään harjoittelemaan. Musiikin harjoittelijan on yhtäältä oltava selvillä omasta suorituskyvystään, sen heikkouksista ja vahvuuksista, ja toisaalta tunnistettava harjoiteltavan tehtävän vaatimukset. Näiden premissien perusteella hänen on suunniteltava harjoittelunsa ja osattava arvioida sen tuloksia. Avainasemassa on selkeä tavoitteen määrittely: harjoittelun päämäärästä tulee olla selkeä käsitys.

Oppimisen itsesäätelytaidot eivät ole kuitenkaan automaattisesti valmiina, vaan ne kehittyvät iän ja harjoittelun myötä. Harjoittelumallit ja -strategiat välittyvät yleensä sosiaalisesti opettajan ja vanhempien välityksellä. Harjoittelu muuttuu oppilaan itsensä säätelemäksi prosessiksi vasta sitten, kun malleja aletaan soveltaa ja toteuttaa oma-aloitteisesti. Soitonopettajalla onkin tärkeä rooli harjoittelutapojen välittäjänä, sillä instrumenttinsa taitajana ja opettajakokemuksista omaavana hänellä on mahdollisuuksia suunnata oppilaansa harjoittelutottumuksia. Harjoittelua koskevissa kysymyksissä on soitonopettaja oppilaalleen aina ekspertti riippumatta siitä, onko hän soittajana itse varsinaista eksperttita-soa.

Kuinka oppimisen itsesäätelytaidot sitten muuttuvat harjoittelun myötä? Tämän alueen pioneeritutkimuksessa (Gruson 1988) seurattiin ja analysoitiin eritasoisten pianonsoittajien harjoittelua. Taitotasot, joita oli Kanadan kansallisen tutkintojärjestelmän perusteella kaikkiaan 11, vaihtelivat aloittelijoista konserttipianisteihin. Tutkimuksen tärkein tulos oli, että mitä korkeammalla taitotasolla soittaja oli, sitä tehokkaampia harjoittelustrategioita hän käytti. Kokeneimmat harjoittelijat kykenivät käsitteellistämään harjoittelukäyttäytymistään ja kuvailemaan strategioitaan yksityiskohtaisesti. He olivat selvästi tietoisia siitä, millä tavoin pyrkivät taitoaan parantamaan. Muutokset oppimisen itsesäätelytaidoissa tapahtuivat kuitenkin hitaasti, eivät tunti- tai tehtäväkohtaisesti, vaan musiikillisen kehityksen laajoissa vaiheissa. Muutoksen hitautta Gruson (emt., 107) selitti sillä, että kategorisesti uudella tasolla oleva harjoittelustrategia edellyttää muutosta kokonaisvaltaisessa musiikillisessa tiedonkäsittelyssä eikä pelkästään muutosta esimerkiksi sormiteknisessä sujuvuudessa.

Toisaalta tutkittaessa nopeasti ja hitaasti edistyvien soittajien harjoittelustrategioita on havaittu johdonmukainen trendi: hyvät soittajat käyttävät kehittyneempiä harjoittelustrategioita kuin heikot soittajat (McPherson & Zimmerman 2002).

Musiikin harjoittelua ohjaavia säätelyprosesseja on toistaiseksi tutkittu varsin vähän. Yhtenä syynä tähän voivat olla ilmiön monet ulottuvuudet. Hallamin (2002) mukaan säätelyprosesseihin kytkeytyvät yhtäältä erilaiset motivaatiotekijät, toisaalta musiikin havaintoja ohjaavat skeemarakenteet. Ilmiö on hankalasti lähestyttävä, sillä edes eksperttikään eivät aina kykene ilmaisemaan, kuinka he toimivat tietyissä tilanteissa.

SIIRTOVAIKUTUS

Voisivatko musiikin harjoittelun aikaansaamat muutokset aivojen anatomiasa ja fysiologisissa toiminnoissa heijastua myös ei-musiikillisiin kognitiivisiin suori- tuksiin? Musiikin on todettu vaikuttavan ainakin tilapäisesti kognitiiviseen suo- rituskykyyn. Tunnetuin todetuista vaikutuksista on ns. Mozart-efekti. Yliopisto- opiskelijat kuuntelivat ennen älykkyystestiä alkuverryttelynä 10 minuuttia Mo- zartin musiikkia, minkä seurauksena heidän suorituksensa parani spatiotempo- raalisissa (tila-aikasuhteita koskevissa) tehtävissä. Vaikutus oli kuitenkin vain ly- hytaikainen. Tutkijat kokeilivat musiikin kuuntelemisen vaikutusta myös kolmi- vuotiaisiin leikkikoululapsiin, jolloin saatiin samansuuntaisia tuloksia, mutta nyt vaikutus oli pysyvämpi. (Campbell 2000.)

Edellä esitetyistä tutkimustuloksista ilmeni, että musiikin harjoittelun ai- kaansaamat neuroanatomiset muutokset koskivat vasenta aivopuoliskoa, täsmäl- lisemmin ohimolohkon lähellä sijaitsevaa puheen ymmärtämisen aluetta. Voisi- ko musiikin harjoittelun aiheuttamilla muutoksilla olla vaikutuksia kielelliseen suorituskkykyyn? Tähän kysymykseen pyrkivät vastaamaan Chan ym. (1998) tut- kimuksessa, jossa kohderyhmänä oli yliopisto-opiskelijoita. Kohderyhmä koos- tui opiskelijoista, jotka olivat harjoitelleet soittoa vähintään kuusi vuotta ennen 12. ikävuottaan, ja kontrolliryhmänä oli musiikkia opiskelemattomia ikätoverei- ta. Musiikkia opiskelleet suoriutuivat 17 % paremmin verbaalisen muistin tehtä- vistä (sanalistan toistaminen) kuin kontrolliryhmä. Visuaalisissa tehtävissä mo- lemmat ryhmät saivat samanlaisen tuloksen.

Kuinka paljon harjoittelua tarvitaan, jotta vaikutukset tulisivat esiin? Onko musiikkisuorituksissa päästävä vähintään amatööritasolle? Hon ym. (2003) seu- rantatutkimuksessa kohderyhmänä oli 6–15-vuotiaat koululaiset. Heistä puolet sai musiikin harjoitusta vaihtelevassa määrin eli 0–5 vuotta. Tulosten mukaan koululaiset, jotka saivat vähintään yhden vuoden musiikin harjoitusta, suoriu- tuivat paremmin verbaalisissa muistitehtävissä kuin kontrolliryhmässä olleet ikätoverit, jotka eivät harjoitelleet musiikkia. Tutkijoiden mukaan eroja ei voida selittää muilla tekijöillä kuin musiikin harjoittelulla, sillä ryhmät vakioitiin ylei- sen älykkyuden ja sosioekonomisen taustan osalta. Tulos viittaa siihen, että jo noviisitasolla tapahtuvalla harjoittelulla saattaa olla siirtovaikutusta kognitiivi- seen suorituskkykyyn.

Rauscherin ym. (1997) tutkimuksessa verrattiin yksityisen piano-opetuksen, yksityisen tietokoneopetuksen ja ns. muun ohjatun toiminnan vaikutuksia esi- koululaisiin. Harjoittelun yleisiä vaikutuksia selvitettiin spatiotemporaalisten ja spatiaalisten (tilasuhteita koskeva päättely) mittaavien testien avulla. Tulosten mukaan vain pianonsoittoryhmä paransi merkittävästi suoritustaan spatiotem- poraalisisissa testissä; sen sijaan spatiaalisissa testeissä ei tapahtunut merkittävää paranemista. Tutkijat luokittelivat vaikutuksen pitkäkestoiseksi. Tulos viittaa sii- hen, että pianonsoiton harjoittelulla on vaikutusta myös ei-musiikilliseen, erityi- sestä spatiotemporaaliseen suoritukseen.

Rauscherin ja Zupanin (2000) tutkimuksessa kohderyhmänä olivat lastentarhaikäiset lapset. Puolet lapsista sai kosketinsoittimen ryhmäopetusta, mutta opetukseen sisältyi myös muuta musisoimista kuten laulua, rytmiharjoituksia ja improvisointia. Neljän kuukauden kuluttua kosketinsoitinryhmä suoriutui vertailuryhmää merkitsevästi paremmin spatiotemporaalisista tehtävistä. Kahdeksan kuukauden kuluttua ero oli vielä suurempi. Tutkijat arvelevat spatiotemporaalisella päättelykyvyllä olevan vaikutusta esimerkiksi matemaattiseen tai luonnontieteelliseen ajatteluun.

HARJOITTELUN VAIKUTUKSET JA KOULUTUKSEN SUUNNITTELU

Musiikin harjoittelu johtaa ulkoisesti näkyviin vaikutuksiin kuten taidon tekniiseen hallintaan, suorituksen sujuvuuteen ja esityksen ilmeikkyyteen. Verrattaessa muusikkoja ja ei-muusikkoja on havaittu, että musiikin harjoittelu vaikuttaa myös anatomisiin, fysiologisiin, kognitiivisiin ja metakognitiivisiin ominaisuuksiin. Uusilla kuvantamismenetelmillä saadut tulokset osoittavat, että musikit prosessoivat musiikkia eri tavalla kuin harjaantumattomat kuuntelijat. Havainnot viittaavat siihen, että eksperttien käyttämä musiikin prosessoiminen on neurofysiologisesti selitettävissä aktivaation osittaisena siirtymisenä oikeasta aivopuoliskosta vasempaan aivopuoliskoon. Harjoittelun seurauksena tapahtuu myös herkistymistä musiikkisuorituksen edellyttämään auditiiviseen materiaaliin, mikä näkyy kuuloinformaatiota käsittelevien aivoalueiden laajenemisena kuvannuksissa. Samanlaista laajenemista on todettu sensomotoristen aivoalueiden hermoverkoissa, mikä on seurausta pitkäaikaisen harjoittelun tuottamasta fyysisestä sopeutumisesta soittosuorituksen vaatimuksiin.

Eri menetelmillä ja eri tarkastelukulmista tehdyissä tutkimuksissa on todettu yksiselitteisesti, että mitä aikaisemmin musiikin harjoittelu aloitetaan, sitä selvemmin sen vaikutukset näkyvät myös neuroanatomisina muutoksina. Aivokuoren hermoverkot erilaistuvat palvelemaan niitä tehtäviä, joihin ympäristövaikutukset niitä stimuloivat. Suurin vaikutus on havaittu jo ennen kouluikää aloitetulla harjoittelulla. Tutkimustulokset pitäisi ottaa huomioon suunniteltaessa lasten kasvatusta ja koulutusjärjestelmää. Mikäli edellisen kaltaiset vaikutukset ovat toivottavia, on riittävän varhain aloitettu harjoittelu musiikin oppimisen kannalta ensiarvoisen tärkeitä. Musiikillisten suoritusten edellyttämä neuraalinen pohja on silloin helpoimmin muovattavissa.

Erilaisten asioiden, esimerkiksi kielen, matematiikan, liikunta- ja musiikkitaitojen, oppimisessa käytetään samaa tiedonkäsittelyjärjestelmää ja samoja kognitiivisia prosesseja. Prosessit liittyvät informaation tarkkaamiseen, valikointiin, ryhmittelyyn, muistamiseen ja sisäiseen representoitumiseen. Näitä prosesseja on kuitenkin erikoistuttava käyttämään kunkin alueen spesifisen informaation käsittelyyn; musiikissa prosesseja käytetään erilaisen havaintomateriaalin käsittelyyn kuin useimmissa koulun oppiaineissa, joissa tavoitteena on deklaraatiivisen tiedon omaksuminen. Edellä esitetyt tutkimustulokset viittaavat siihen, että mu-

siikin harjoittelun aikaansaamilla spesifisillä neurofysiologisilla muutoksilla saattaa olla vaikutusta lapsen kognitiiviseen kehitykseen yleisemminkin. Alustavat tutkimustulokset viittaavat siihen suuntaan, että musiikin harjoittelun aikaansaamat muutokset saattavat näkyä oppimisvalmiuksien lisääntymisenä myös koulun teoreettisissa aineissa. Myös musiikkiluokkatoiminnasta saadut kokemukset Suomessa osoittavat, ettei musiikkiluokkalaisten koulumenestys ole ainakaan huonompi kuin normaaliluokkalaisten, vaikka tietoaineiden määrää on supistettu musiikkituntien hyväksi.

Suomen koulujärjestelmässä musiikki ja muut taito- ja taideaineet on kuitenkin viime aikoina ajettu marginaaliseen asemaan. Opetussuunnitelmauudistuksista päätellen niillä ei juurikaan uskota olevan itseisarvoa lasten koulutus- ja kasvatustehtävässä. Vahvistamalla entisestään teoreettisten aineiden asemaa uskotaan vahvistettavan kansakunnan kansainvälistä kilpailukykyä ja taloudellista kasvua, joita pidetään yleisen hyvinvoinnin mittareina. Saattaa olla, että yhtä hyvään tulokseen voitaisiin päästä edistämällä lasten kognitiivista kehitystä muullakin tavoin kuin vain painottamalla teoreettisia oppiaineita.

Vastaavasti opettajankoulutuksen näkökulmasta tuntuisi epätarkoituksenmukaiselta pyrkiä sellaiseen järjestelmään, jossa ennen opettajaopintojen aloittamista hankittuja taitoja ei tasa-arvon nimissä otettaisi opiskelijavalinnassa huomioon. Pikemminkin taidon oppimisen tutkimus on tuonut korostetusti esiin näkemyksen, jonka mukaan ammatillinen taitotaso on saavutettavissa vain pitkäaikaisen harjoittelun tuloksena. Opettajankoulutukseen kuuluvat musiikin perusopinnot eivät sellaisenaan riitä takaamaan tällaista taitotasoa, mikäli taitojen kehittäminen joudutaan aloittamaan alkeista. Tasa-arvoperiaatetta kannattaisi pikemminkin pitää esillä tarkasteltaessa koko maan peruskoulujärjestelmää: peruskoulun oppilaat tuskin ovat tasa-arvoisessa asemassa, jos kolmanneksella opettajista on musiikkikasvatusta ajatellen riittämättömät taidot.

LÄHTEET

- Alexander, J. M., Carr, M. & Schwanenflugel, P. J. 1995. Development of metacognition in gifted children: Directions for future research. *Developmental Review* 15, 1–37.
- Besson, M., Faita, F. & Requin, J. 1994. Brain waves associated with musical incongruities differ for musician and non-musicians. *Neuroscience Letters* 168, 101–105.
- Bever, T. G. & Chiarello, R. J. 1974. Cerebral dominance in musicians and non-musicians. *Science* 185, 537–539.
- Campbell, D. 2000. Mozart-effekten. Malmö: Egmont Richter.
- Chan, A. S., Ho, Y. C. & Cheung, M. C. 1998. Music training improves verbal memory. *Nature* 396, 128.
- Crummer, G. C., Walton, J. P., Wayman, J. W., Hantz, E. C. & Frisina, R. D. 1994. Neural processing of musical timbre by musicians, nonmusicians and

- musicians possessing absolute pitch. *Journal of the Acoustical Society of America* 95, 2720–2727.
- Elbert, T., Pantex, C., Wienbruch, C., Rockstroh, B. & Taub, E. 1995. Increased cortical representation of the fingers of the left hand in string players. *Science* 270, 305–306.
- Ericsson, K. A., Krampe, R. Th. & Tech-Römer, C. 1993. The role of deliberate practice in the acquisition of expert performance. *Psychological Review* 100 (3), 363–406.
- Ericsson, K. A. & Lehmann, A. C. 1996. Expert and exceptional performance: Evidence of maximal adaptation to task constraints. *Annual Review of Psychology* 47, 273–305.
- Eysenck, M. W. & Keane, M. T. 1990. *Cognitive psychology*. London: Lawrence Erlbaum.
- Gaab, N., Gaser, C., Zaehle, T., Jancke, L. & Schlaug, G. 2003. Functional anatomy of pitch memory – an fMRI study with sparse temporal sampling. *Neuroimage* 19, 1417–1426.
- Gaser, C. & Schlaug, G. 2003. Brain structures differ between musician and non-musicians. *Journal of Neuroscience* 23 (27), 9240–9245.
- Gruson, L. B. 1988. Rehearsal skill and musical competence: does practice make perfect? Teoksessa J. Sloboda (toim.) *Generative processes in music*. Oxford: Clarendon Press, 91–112.
- Hallam, S. 2002. Musical motivation: towards a model synthesising the research. *Music Education Research* 4 (2), 225–244.
- Ho, Y.-C. & Cheung, M.-C. & Chan, A. S. 2003. Music training improves verbal but not visual memory: Cross-sectional and longitudinal explorations in children. *Neuropsychology* 17 (3), 439–450.
- Lerdahl, F. & Jackendoff, R. 1983. *A generative theory of tonal music*. Cambridge, MA: The MIT Press.
- McPherson, G. E. & Zimmerman, B. J. 2002. Self-regulation of musical learning. Teoksessa R. Colwell & C. Richardson (toim.) *The new handbook of research on music teaching and learning*, 327–347.
- Pantev, C., Oostenveld, R., Engellen, A., Ross, B., Roberts, L. & Hoke, M. 1998. Increased auditory cortical representation in musicians. *Nature* 392, 811–814.
- Parsons, L. M. 2001. Exploring the functional neuroanatomy of music performance, perception, and comprehension. *Annals of the New York Academy of Sciences* 930, 211–231.
- Peretz, I. 1993. Auditory agnosia: a functional analysis. Teoksessa S. McAdams & E. Bigand (toim.) *Thinking in sound*. Oxford: Clarendon Press, 199–230.
- Pressing, J. 1988. *Improvisation: methods and models*. Teoksessa J. Sloboda (toim.) *Generative processes in music*. Oxford: Clarendon Press, 129–178.
- Rauscher, F. H., Shaw, G. L., Levine, L. J., Wright, E. L., Dennis, W. R. & Newcomb, R. L. 1997. Music training causes long-term enhancement of

- preschool children's spatial-temporal reasoning. *Neurological Research* 19 (1), 2–8.
- Rauscher, F. H. & Zupan, M. 2000. Classroom keyboard instruction improves kindergarten children's spatial-temporal performance: A field experiment. *Early Childhood Research Quarterly* 15, 215–228.
- Schlaug, G., Jäncke, L., Huang, Y., Staiger, J. E. & Steinmetz, H. 1995. Increased corpus callosum size in musicians. *Neuropsychologia* 33 (8), 1047–1055.
- Sloboda, J. A. 2000. Individual differences in music performance. *Trends of Cognitive Sciences* 4 (10), 397–403.
- Tereska, T. 2003. Peruskoulun luokanopettajiksi opiskelevien musiikillinen minäkäsitys ja siihen yhteydessä olevia tekijöitä. Helsinki: Helsingin yliopisto.
- Wagner, C. 1988. The pianist's hand: Anthropometry and biomechanics. *Ergonomics* 31, 97–131.