

Rytmisten taitojen behavioraaliset mittarit lasten kielellisten taitojen
tutkimuksissa

Pauliina Vähäkangas

Kandidaatintutkielma

Ohjaaja: Anna Kautto

Yhteiskuntatieteellinen tiedekunta

Psykologian ja logopedian laitos

Logopedia

Toukokuu 2026

Turun yliopiston laatujärjestelmän mukaisesti tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin
OriginalityCheck -järjestelmällä.

TURUN YLIOPISTO

Psykologian ja logopedian laitos/Yhteiskuntatieteellinen tiedekunta

VÄHÄKANGAS, PAULIINA: Rytmisten taitojen behavioraaliset mittarit
lasten kielellisten taitojen tutkimuksissa

Kandidaatintutkielma, 53 s.

Logopedia

Toukokuu 2026

Rytmin ja kielen prosessointi perustuu aivoissa osittain päällekkäisiin neuraalisiin verkostoihin, minkä vuoksi ei-kielellisten rytmisten taitojen on havaittu olevan yhteydessä kielellisiin taitoihin. Tämän tutkimuksen tavoitteena oli tarkastella, millaisia behavioraalisia ei-kielellisten rytmisten taitojen mittareita on käytetty tutkimuksissa, joissa arvioidaan 3–12-vuotiaiden lasten rytmisiä ja kielellisiä taitoja sekä niiden välisiä yhteyksiä.

Toteutin tutkimuksen systemoituna kirjallisuuskatsauksena. Hain tutkimusaineiston tietokannoista PubMed, APA PsycArticles, APA PsycINFO ja Linguistics and Language Behavior Abstracts. Lopulliseen tutkimusaineistoon valikoitui 19 vertaisarvioitua tutkimusartikkelia. Haku kohdistui 3–12-vuotiaisiin lapsiin, mutta valikoituneiden tutkimusten tutkittavien todellinen ikähaarukka oli 4–11 vuotta.

Katsaukseen valikoituneissa tutkimuksissa rytmisiä taitoja mitattiin useilla erilaisilla, pääosin kokeellisilla menetelmillä. Viidessä tutkimuksessa hyödynnettiin valmiita, tutkimuskäyttöön kehitettyjä arviointimenetelmiä, joita oli katsauksessa yhteensä viisi erilaista. Rytmitehtävät kohdistuivat rytmin havaitsemiseen, tuottamiseen tai molempiin. Yleisimmin käytettiin sensomotorista synkronointia, auditiivis-motorista integraatiota sekä rytmirakenteen havaitsemista mittaavia tehtäviä. Mittareiden kyky kuvata yksilöllistä vaihtelua ja erotella kliinisiä ryhmiä vaihteli käytetyn mittarityypin ja mitta-asteikon mukaan, mutta tutkimusten pienet otoskoot ja metodologiset erot rajoittavat tulosten yleistettävyyttä.

Tutkimuksissa havaittiin johdonmukaisesti yhteyksiä rytmisten ja kielellisten taitojen välillä. Yhteyksiä raportoitiin erityisesti fonologiseen tietoisuuteen ja lukutaitoon, jotka olivat myös katsauksen tutkituimmat kielelliset osa-alueet. Efektikoot vaihtelivat pienistä suuriin, mutta olivat useimmiten pieniä tai keskisuuria. Tulosten suoraa vertailua vaikeuttavat kuitenkin tutkimusten väliset huomattavat erot rytmitehtävissä, rytmimuuttujissa ja kielellisissä mittareissa.

Asiasanat: rytmisen prosessointi, kielellinen prosessointi, rytmiset taidot, kielelliset taidot, behavioraaliset mittarit

Sisällys

1 Johdanto	4
1.1 Rytmii puheessa.....	4
1.2 Rytmii ja kielelliset vaikeudet	5
1.3 Rytmiiin prosessointi	8
1.4 Rytmisten taitojen arviointimenetelmät.....	9
1.5 Tutkimuksen tavoite ja tutkimuskysymykset	11
2 Menetelmät.....	12
2.1 Aineiston hankinta	12
2.2 Aineiston luokittelu	13
3 Tulokset	14
3.1 Tutkimusaineisto.....	14
3.2 Rytmisten taitojen behavioraaliset mittarit	18
3.2.1 Rytmitehtävyyt.....	19
3.2.2 Rytmitehtävien yhteydet kielellisiin taitoihin	27
3.2.3 Rytmitehtävissä havaittu yksilöllinen vaihtelu	31
4 Pohdinta.....	41
4.1 Käytetyt rytmitehtävät	41
4.1.1 Rytmii ja kielen yhteydet	42
4.1.2 Rytmitehtävien erottelukyky	44
4.2 Katsauksen vahvuudet ja rajoitukset	46
4.3 Jatkotutkimusehdotukset	46
4.4 Yhteenveto	47
Lähteet.....	48

1 Johdanto

Rytmin ja kielellisten taitojen välinen yhteys on keskeinen tutkimusaihe kielen kehityksen tutkimuksessa, sillä puheen rytmien eli ajallinen jäsentäminen muodostaa perustan kielelliselle prosessoinnille. Tätä yhteyttä on tutkittu sekä behavioraalisella eli henkilön käyttäytymisen tasolla että hermostollisen toiminnan tasolla. Tutkimustulokset viittaavat siihen, että rytmiset taidot ovat yhteydessä useisiin kielellisiin taitoihin, kuten fonologiseen prosessointiin, lukemiseen ja puheen sujuvuuteen (esim. Ladányi ym., 2020).

Rytmin ja kielen yhteydestä on tehty kirjallisuuskatsauksia, joissa on tarkasteltu muun muassa rytmien ja kielellisten taitojen välistä yhteyttä sekä niiden mahdollisia hermostollisia ja kognitiivisia taustamekanismeja (esim. Fiveash ym., 2021; Ladányi ym., 2020). Kirjallisuuskatsauksissa tai meta-analyyseissa on harvoin tarkasteltu yksityiskohtaisesti sitä, millaisia behavioraalisia mittareita rytmien taitojen arviointiin on käytetty lasten kielellisten taitojen tutkimuksissa. Rytmisiä taitoja on tutkittu useilla erilaisilla behavioraalisilla tehtävillä, jotka kohdistuvat rytmisen prosessoinnin eri osa-alueisiin. Rytmitehtävien jäsentäminen on tärkeää, jotta voidaan ymmärtää, mitä rytmisiä taitoja näissä tutkimuksissa oikeastaan mitataan.

1.1 Rytmien puheessa

Rytmi ilmenee useissa arkisissa ilmiöissä, kuten kävelemisessä ja sydämen sykkeessä, mutta rytmien tarkasta, tieteellisestä määritelmästä ei ole yksimielisyyttä (Smith ym., 2014). Rytmillä viitataan yleensä minkä tahansa ilmiön ajassa jäsentyvään toistuvaan jaksoon (Minors & Waterhouse, 1981), joka voi olla lähes säännöllinen tai täysin säännöllinen (Damsma ym., 2025). Rytmien perusteella on mahdollista ennakoita tapahtumien ajoitusta (Damsma ym., 2025). Rytmia voidaan tarkemmin kuvata ärsykesarjan ärsykkeiden välisten aikaerojen eli intervallien kuviona (Grahn, 2012).

Puheen ja musiikin yhteydessä rytmi viittaa yleisesti sarjallisten akustisten tapahtumien alkuihin ja tapahtumien keston (Fiveash ym., 2021). Musiikin havaitaan usein sisältävän isokronisen eli tasavälisen tahdin, mutta puheessa tällaista isokroniaa ei ole (Fiveash ym., 2021). Puhe on siten rytmiltään musiikkia vähemmän jaksollista, kvasiperiodista (Ladányi ym., 2020), eli toistuvaa mutta ei täysin säännöllisin aikavälein jäsentyvää. Puherytmien voidaan katsoa koostuvan useista prosodisista piirteistä (Zhang ym., 2010), kuten akustisten

segmenttien kestoista, painotuksista, tauotuksesta, sävelkorkeudesta sekä puhenopeudesta eli puheen temposta. Puheen rytmisyys auttaa tunnistamaan sanojen rajoja, mikä helpottaa kommunikaatiota (Fiveash ym., 2021).

Puheen havaitseminen ja käsitteleminen itsessään on rytmistä. Aivojen hermosolujen aktivaatio aiheuttaa rytmisiä ja toistuvia jännitemuutoksia, joita kutsutaan aivoaalloiksi tai neuraalisiksi oskillaatioiksi, ja ne kuvastavat laajojen hermoverkkojen samanaikaista toimintaa (Goswami, 2019). Puheen käsittelyn on ehdotettu perustuvan siihen, että puhetta havaittaessa neuraaliset oskillaatiot synkronoituvat samaan rytmiin puhesignaalin havaitun rytmin kanssa, mikä edistää puheen ymmärtämistä (Goswami, 2019). Tämä synkronointi saattaa ohjata tarkkaavaisuutta auditiivisen syötteen olennaisiin piirteisiin sekä tukea kuuloinformaation jäsentämistä (Ladányi ym., 2020). Yhteenvedona voidaan todeta, että puheen rytmiset piirteet muodostavat keskeisen perustan kielelliselle prosessoinnille.

Neurofysiologisten tutkimustulosten tulkinta hyötyy kuitenkin behavioraalista tutkimuksesta. Aivovastemittaukset voivat esimerkiksi paljastaa poikkeavuuksia aivoaaltojen synkronoitumisessa puheeseen, mutta ilman tietoa siitä, miten nämä poikkeavuudet ilmenevät käyttäytymisen tasolla, niiden käytännön merkitys jää osin epäselväksi. Vastaavasti pelkät behavioraaliset havainnot eivät suoraan paljasta suoritusten taustalla vaikuttavia hermostollisia mekanismeja. Näin ollen behavioraalisten ilmiöiden kuvaaminen tukee neurotieteellisten löydösten tulkintaa ja auttaa rakentamaan kokonaiskuvaa rytmin ja kielen välisestä yhteydestä.

1.2 Rytmii ja kielelliset vaikeudet

Epätyypillinen rytmin prosessointi on tutkimuksissa yhdistetty esimerkiksi lukivaikeuteen, kehitykselliseen kielihäiriöön ja änkytykseen. Lisäksi se on yhdistetty häiriöihin, joissa kielellisiä vaikeuksia esiintyy komorbidisti, kuten kehitykselliseen koordinaatiohäiriöön sekä aktiivisuuden ja tarkkaavuuden häiriöön (Ladányi ym., 2020). Rytmisten ja kielellisten taitojen välinen yhteys on havaittu sekä käyttäytymisen että hermostollisen toiminnan tasolla.

Kielellisten vaikeuksien ja häiriöiden syille on esitetty useita teorioita. Esimerkiksi Temporal Sampling Framework (TSF) -teorian mukaan neuraalisten oskillaatioiden tehon synkronointi ulkoiseen aistisyötteeseen voisi olla useiden lukivaikeuden ja kehityksellisen kielihäiriön piirteiden taustalla (Goswami, 2011; Goswami, 2016). Tämän synkronoinnin heikkouden on esitetty heikentävän puheen ajallisten rakenteiden, kuten tavujen ja prosodian havaitsemista,

mikä voi vaikeuttaa fonologisten yksiköiden käsittelyä ja edelleen laajempaa kielellistä prosessointia (Goswami, 2011; Goswami, 2016). Näin ollen rytmisen prosessointi on keskeistä myös lukemiselle, sillä puheen ajallisten rakenteiden havaitseminen tukee foneemien ja tavujen erottelua sekä lukutaidon edellytyksenä olevan fonologisen tietoisuuden kehittymistä (Gutiérrez-Palma ym., 2025). TSF-teorian mukaan neuraaliset oskillaatiot kykenevät joustavasti mukautumaan sekä isokronisiin rakenteisiin että kvasiperiodisiin, kuten luonnollisen puheen ajallisiin rakenteisiin.

TSF-teorian perusteella ajallisen prosessoinnin vaikeudet voivat näyttäytyä käyttäytymisen tasolla vaikeutena käsitellä kielellistä ja ei-kielellistä rytmiä. Lapset, joilla on lukivaikeus, suoriutuvat rytmitaitoja arvioivissa tehtävissä heikommin kuin tyypillisesti kehittyvät verrokkit, ja vastaavia vaikeuksia on havaittu myös aikuisilla (Ladányi ym., 2020). Sekä lapsilla että aikuisilla, joilla on lukivaikeus, aivosähköinen synkronointi ulkoisiin rytmisiin ärsykkeisiin on poikkeavaa erityisesti matalilla taajuuksilla (Ladányi ym., 2020). Tätä hermostollisen tason tahdistumista selittää behavioraalisella ja kognitiivisella tasolla dynaamisen tarkkaavaisuuden teoria (Dynamic Attending Theory, DAT; Jones, 1976). Teorian mukaan ajallinen tarkkaavaisuus voi tahdistua joko ulkoisten ärsykkeiden ohjaamana (eksogeeninen tarkkaavaisuus) tai pysyä yllä sisäisesti ohjatun ajoituksen varassa (endogeeninen tarkkaavaisuus). Ulkoisessa tahdistumisessa kognitiiviset mekanismit synkronoituvat ympäristön rytmisten signaalien kanssa, ja tämä tahdistuminen mahdollistaa ajallisen tarkkaavuuden suuntaamisen kohti odotettua ajanhetkeä, kuten rytmistä iskua tai puhesignaalin tavurajaa. Mikäli tämä ajallinen synkronointi ja tarkkaavaisuuden kohdentaminen on puutteellista, puhesignaalin segmentointi ja sitä kautta kielellinen prosessointi vaikeutuvat.

Hermostollisen tahdistumisen ja dynaamisen tarkkaavaisuuden taustalla vaikuttaa useita rinnakkaisia mekanismeja, jotka mahdollistavat rytmin ja kielen välisen yhteyden. Precise Auditory Timing (PATH) -hypoteesin mukaan auditiivisen järjestelmän millisekuntitason tarkkuus on keskeinen tekijä, joka mahdollistaa puheen ajallisten piirteiden, kuten äänteiden ja tavujen erottelun (Tierney & Kraus, 2014). Tämän lisäksi sensomotorisella kytköksellä (engl. *sensorimotor coupling*) tarkoitetaan auditiivisten ja motoristen aivoalueiden tiivistä vuorovaikutusta, jonka on ehdotettu tukevan rytmin prosessointia ja sitä kautta kielen ja puheen prosessointia (Fiveash ym., 2021). Sensomotorisen kytköksen toimintaa voidaan selittää Action Simulation for Auditory Prediction (ASAP) -hypoteesilla, jonka mukaan aivojen motoriset alueet aktivoituvat, simuloivat liikettä ja tekevät motorista suunnittelua silloinkin,

kun rytmiä vain kuunnellaan liikkumatta (Patel & Iversen, 2014). Nämä motoriset alueet lähettävät ajallisia ennusteita seuraavista rytmin iskuista takaisin auditiiviselle aivokuorelle tarkentaakseen rytmin havaitsemista (Patel & Iversen, 2014). Sensomotorinen kytkös syntyy siis siitä, että auditiivinen informaatio aktivoi auditiivisia ja motorisia verkostoja, motorinen järjestelmä muodostaa ajallisia ennusteita, ja nämä ennusteet vaikuttavat takaisin havaitsemiseen. Samankaltaista mekanismia kuvaa myös aktiivisen havaitsemisen laaja viitekehys Active Sensing Framework (ASF; Morillon ym., 2015). Sen mukaan aivojen motorinen järjestelmä tuottaa neuraalisia oskillaatioita, jotka herkistävät auditiivista järjestelmää siihen hetkeen, kun tärkeän akustisen informaation ennustetaan saapuvan. Nämä neuraaliset oskillaatiot myös korostavat ja vahvistavat juuri niitä aistihavaintoja, jotka saapuvat aivoihin ennustettuina ajankohtina, sekä vaimentavat taustakohinaa tärkeiden akustisten signaalien välillä, mikä nostaa signaali-kohinasuhdetta (Morillon ym., 2015). Esitellyt mekanismit toimivat todennäköisesti rinnakkain rytmisen ja kielellisen prosessoinnin tukena (Fiveash ym., 2021).

Atypical Rhythm Risk (ARR) -hypoteesin mukaan epätyypillinen rytmin prosessointi, etenkin ajoituksen vaikeudet, on yksi monista riskitekijöistä kehityksellisille puheen ja kielen häiriöille (Ladányi ym., 2020). Koska rytmin on ehdotettu vaikuttavan usean eri häiriön taustalla, rytmisten taitojen mittareita voitaisiin käyttää seulontamenetelmänä monille kielellisille häiriöille (Ladányi ym., 2020). Lisäksi rytmiset taidot ovat siinä määrin riippumattomia kielestä, että samoja rytmitaitojen mittareita voitaisiin käyttää esimerkiksi monikielisillä lapsilla ja useissa erilaisissa kieliympäristöissä (Ladányi ym., 2020). Kielellisten häiriöiden kuntoutukseen on myös kehitetty rytmiin pohjautuvia interventioita. Näissä interventioissa hyödynnetään esimerkiksi rytmistä harjoittelua tai musiikkipohjaisia menetelmiä (Fiveash ym., 2021). Tutkimusnäyttö viittaa siihen, että rytmiin perustuvat harjoitukset voivat tukea esimerkiksi fonologisia taitoja, lukemista ja puheen sujuvuutta (Fiveash ym., 2021). Rytmisen harjoittelun siirtovaikutuksia kielellisiin taitoihin voidaan selittää Overlap, Precision, Emotion, Repetition, Attention (OPERA) -hypoteesilla (Patel, 2011). Hypoteesin mukaan ei-kielellinen rytmi ja puhe jakavat osittain samoja eli päällekkäisiä neuraalisia verkostoja, ja säännöllinen rytmisen harjoittelu muovaa näitä verkostoja tehokkaammiksi. Rytmiset tehtävät vaativat aivoilta huomattavasti korkeampaa ajallista tarkkuutta sekä tarkkaavaisuuden suuntaamista kuin tavanomaisen puheen kuunteleminen, mikä vahvistaa myös kielen prosessoinnissa tarvittavia auditiivisia ja motorisia mekanismeja.

1.3 Rytminen prosessointi

Rytmin prosessointia voidaan tutkia sekä hermostollisella että behavioraalisella tasolla. Rytminen prosessointi voidaan jäsentää useisiin toisiinsa liittyviin osataitoihin, jotka eroavat toisistaan esimerkiksi sen mukaan, edellyttävätkö ne pelkkää rytmin havaitsemista vai myös motorista tuottamista. Toinen tutkimuskirjallisuudessa yleisesti käytetty tapa jäsentää rytmistä prosessointia on luokittelu tehtäviin, jotka vaativat rytmisen informaation ylläpitämistä muistissa, ja tehtäviin, jotka perustuvat ulkoiseen tahdistumiseen (Fiveash ym., 2022). Tämä luokittelu heijastaa aiemmin mainitun dynaamisen tarkkaavaisuuden teorian oletusta siitä, että ajallinen prosessointi voi tukeutua joko ulkoisesti ohjattuun ajalliseen tarkkaavaisuuteen tai sisäisesti ylläpidettyyn ajoitukseen.

Rytmin havaitsemiseen liittyvät taidot viittaavat kykyyn tunnistaa ja jäsentää rytmisten ärsykkeiden ajallisia piirteitä. Tällaisia taitoja ovat esimerkiksi rytmirakenteen havaitseminen sekä tahdin havaitseminen. Rytmirakenteen havaitseminen viittaa rytmisten ärsykkeiden ajallisten kaavojen havaitsemiseen, tunnistamiseen, erottamiseen ja vertailemiseen (Grahn, 2012). Puolestaan tahdin havaitseminen tarkoittaa musiikin tai muun rytmisen ärsykkeen säännöllisen, isokronisen eli ajallisesti tasavälisen peruspulssin (engl. *beat*) havaitsemista; peruspulssi koetaan korostuneina tai erottuvina ajankohtina (McAuley, 2010). Tempon havaitseminen liittyy taitoon arvioida rytmisen ärsykkeen havaittavan nopeuden eli peruspulssin etenemistä (McAuley, 2010).

Metri (engl. *meter*) tarkoittaa rytmin säännöllistä jaksotusta, jossa iskut järjestyvät toistuviin painollisiin ja painottomiin osiin. Metrisissä (engl. *metrical*) rytmeissä rytmikuviolla on selkeä, säännöllinen ja ennakoitava metrirakenne, kun taas ei-metrisissä rytmeissä tällaista säännöllistä jaksotusta ei ole; metriset rytmikuviot havaitaan hierarkkisesti jäsentyneinä, ei-metriset puolestaan ajallisesti epäsäännöllisinä. Musiikissa metri ilmenee esimerkiksi 4/4- ja 3/4-tahtilajeina, joissa iskut ryhmittyvät toistuviin neljän tai kolmen iskun jaksoihin. Vaikka metri ilmenee selkeimmin musiikissa, se muodostaa myös puheen prosodisen rakenteen, kuten painollisten ja painottomien tavujen vaihtelun, minkä vuoksi metrinen rakenteiden tehokas prosessointi on keskeistä kielen havaitsemiselle (Fiveash ym., 2021). Kun rytmien havaitseminen tai tuottaminen perustuu säännöllisiin isokronisiin tai metrisiin rytmeihin, prosessointi vaikuttaa tällöin olevan tehokkaampaa ja perustuvan laajaan auditiivis-motoriseen verkostoon (Grahn & Brett, 2007). Sen sijaan epäsäännöllisissä ei-isokronisissa tai ei-metrisissä rytmeissä prosessointi tukeutuu enemmän yksittäisten aikavälien (intervallien) tarkkaan

analyysiin ja työmuistipohjaiseen ajalliseen vertailuun. Näin ollen säännöllisen ja epäsäännöllisen rytmin prosessointi voidaan nähdä osittain erillisinä mekanismeina, jotka kuormittavat eri kognitiivisia ja hermostollisia järjestelmiä.

Rytmin tuottamiseen liittyvät taidot voivat esimerkiksi edellyttää motorisen toiminnan ajallista hallintaa ilman ulkoista ärsykettä. Spontaani motorinen tempo tarkoittaa tempoa, jolla henkilö tuottaa säännöllisiä, toistuvia liikkeitä täysin oma-aloitteisesti ilman ulkoisia ärsykeitä; se vastaa yksilön luonnollista, sisäisesti ohjautuvaa ja hänelle miellyttävintä liikkeen perusrytmiä, joka ilmenee muun muassa kävelyn luonnollisessa askelnopeudessa (Desbernats ym., 2023).

Lisäksi rytmisen prosessointi voi vaatia auditiivisen ja motorisen informaation yhdistämistä. Auditiivis-motorinen integraatio tarkoittaa kuullun rytmin muuntamista motoriseksi tuotokseksi, ja se sisältää auditiivisen rytmin havaitsemisen, rytmin ylläpitämisen muistissa sekä motorisen rytmin tuottamisen (Hildebrandt ym., 2022). Se eroaa sensomotorisesta kytköksestä siten, että auditiivis-motorinen integraatio viittaa konkreettiseen toimintaan, jossa rytmi muunnetaan motoriseksi vasteeksi. Jo pelkästään rytmin havaitseminen aktivoi aivojen motorisia alueita (Grahn & Brett, 2007). Puolestaan sensomotorinen synkronointi tarkoittaa kykyä ajoittaa rytmisen motorisen toiminta ulkoisen rytmisen ärsykkeen kanssa samaan tahtiin (Repp & Su, 2013).

Vaikka rytmisen prosessointi perustuu aivojen auditiivisten ja motoristen järjestelmien väliseen tiiviiseen vuorovaikutukseen, voivat yksilöt suoriutua eri tavoin rytmisen prosessoinnin eri osa-alueilla (Fiveash ym., 2022). Tutkimuksissa on havaittu, että esimerkiksi rytmin havaitsemisessa, tuottamisessa tai rytmiin synkronoinnissa voi esiintyä toisistaan riippumattomia vaikeuksia (Fiveash ym., 2022). Tämä viittaa siihen, että rytmisen prosessointi ei ole yhtenäinen taito, vaan se koostuu useista osittain erillisistä mutta toisiinsa kytkeytyvistä osataidoista, joilla voi olla myös osin erilaiset hermostolliset perustat (Fiveash ym., 2022).

1.4 Rytmisten taitojen arviointimenetelmät

Tutkimuksissa yleisesti käytettävät rytmitaitoja mittaavat tehtävät voidaan luokitella tehtävätyypin mukaan karkeasti rytmin tuottamisen tehtäviin, rytmin havaitsemisen tehtäviin ja tehtäviin, joissa vaaditaan sekä tuottamista että havaitsemista. Tehtäviä voidaan tarkastella tarkemmin sen mukaan, minkä rytmisen prosessoinnin osa-alueen toimintaa ne ensisijaisesti edellyttävät. Sensomotorista synkronointia vaativissa tehtävissä rytmiä tuotetaan metronomin

(tahtimittarin) tai muun ulkoisen ärsykkeen tahtiin. Isokronisen ärsykkeen tahtiin rytmin tuottamista on kuvailtu erääksi behavioraalisesti yksinkertaisimmista rytmisistä toiminnoista, joita ihminen voi tehdä, mutta tehtävässä suoriutumisessa on havaittu haasteita esimerkiksi henkilöillä, joilla on vaikeuksia lukemisessa tai muussa kielellisessä prosessoinnissa (Bonacina ym., 2019). Vaikka tehtävä on behavioraalisesti suoraviivainen, se on kuitenkin hermostollisesti vaativa prosessi, joka edellyttää aivoilta jatkuvaa millisekuntitason ajallista ennustamista sekä motorisen toiminnan virheiden korjaamista suhteessa kuultuun ääneen (Repp & Su, 2013). Synkronointitehtävissä rytmin tuottamista voidaan myös jatkaa hiljaisuudessa ärsykkeen lakattua. Tällaisissa tehtävissä ulkoisen ärsykkeen tahtiin rytmin tuottaminen edellyttää sensomotorista synkronointia, mutta hiljaisuudessa rytmin tuottamista jatketaan sisäisen ajoituksen avulla (Kim ym., 2025). Näitä kaksiosaisia tehtäviä, jotka edellyttävät sekä sensomotorista synkronointia että sisäistä ajoitusta, kutsutaan yhteisnimellä synkronointi–jatkuvuus-tehtävät (engl. *synchronization–continuation*).

Tehtävät, joissa tutkittavat tuottavat rytmiä ilman mitään ulkoista ärsykettä tai muunlaista ajallista ohjeistusta, mittaavat spontaania motorista tempoa. Spontaanin motorisen tempon tehtävien voidaan ajatella mittaavan sisäisesti ohjautuvaa motorista tuottamista, sillä ne eivät vaadi ulkoisen ärsykkeen havaitsemista tai siihen reagoimista. Rytmin toistamisen tehtävät edellyttävät puolestaan auditiivis-motorista integraatiota, eli kuullun rytmin muuntamista motoriseksi tuotokseksi. Lisäksi ne vaativat rytmisen informaation lyhytkestoista ylläpitämistä muistissa.

Puhtaasti havaitsemiseen perustuvat tehtävät voidaan jaotella kognitiivisen kuormituksen mukaan. Ne voivat perustua ulkoiseen tahdistumiseen ja ajallisen tarkkaavaisuuden kohdentamiseen, kuten tehtävissä, joissa tutkittavan on määrä arvioida, ovatko kaksi päällekkäistä rytmistä ärsykettä (esim. musiikki ja metronomi) samassa tahdissa. Havaitsemisen tehtävät voivat toisaalta vaatia rytmisen informaation ylläpitämistä muistissa; tästä esimerkkinä ovat muun muassa rytmirakenteen, tahdin tai tempon havaitsemista mittaavat sama-vai-eri-tehtävät, joissa keskeistä on kahden peräkkäisen ajallisen ärsykkeen erottelu ja vertailu (McAuley, 2010).

1.5 Tutkimuksen tavoite ja tutkimuskysymykset

Tutkimukseni tavoite on kartoittaa, millaisilla behavioraalisilla mittareilla ei-kielellisiä eli puherytmiin liittymättömiä rytmisiä taitoja on tutkittu kielellisen kehityksen tutkimuksissa. Tarkastelen myös, kuinka hyvin erilaiset rytmisten taitojen mittarit erottelevat yksilöitä. Rajaan katsauksen lapsiin, sillä rytmisten ja kielellisten taitojen kehitys on erityisen aktiivista varhaislapsuudessa ja alakouluikäisenä, ja näiden taitojen välinen yhteys on tällöin keskeinen kielellisen kehityksen kannalta. Lisäksi varhaiset rytmiset taidot on yhdistetty myöhempään kielelliseen kehitykseen (esim. Ladányi ym., 2020). Valitsen tutkittavien ikähaarukaksi 3–12 vuotta, koska alle 3-vuotiaiden rytmisten taitojen behavioraalinen mittaaminen on metodologisesti haastavaa (esim. Repp & Su, 2013), ja 12 ikävuoden jälkeen huomio siirtyisi nuoruusikään, jolloin sekä rytmisten että kielellisten perustaitojen pohja on jo saavutettu.

Suljen pois tutkimukset, joissa on tarkasteltu ainoastaan puherytmiin liittyviä rytmisiä taitoja, sillä puherytmi on vahvasti kielikohtainen ja sidoksissa kunkin kielen prosodisiin rakenteisiin, ja puherytmin havaitseminen ja tuottaminen perustuvat siten kielellisiin rakenteisiin (esim. Fiveash ym., 2021). Tämän vuoksi puherytmiin perustuvat rytmitehtävät eivät ole vertailukelpoisia katsauksen tavoitteena olevien ei-kielellisten rytmisten taitojen mittareiden kanssa.

Musiikin ja kielen välinen yhteys ilmenee esimerkiksi musiikillisten taitojen ja varhaisten lukitaitojen yhteydessä sekä musiikillisen ja kielellisen prosessoinnin osittain yhteisissä neuraalisissa mekanismeissa (Trainor & Corrigan, 2010). Rytmistö on eräs musiikin olennaisimmista piirteistä, ja musiikkia hyödynnetäänkin paljon rytmitutkimuksissa. Tästä huolimatta rajaan tutkimuksestani pois ensisijaisesti tai pelkästään musiikillisia rytmitehtäviä sisältävät tutkimukset, sillä musiikilliset tehtävät vaativat rytmin lisäksi sävelkorkeuden, harmonian ja melodian prosessointia (esim. Fiveash ym., 2021). Lisäksi musiikkiin liittyy tyypillisesti laajempi emotionaalinen ulottuvuus kuin puhtaasti rytmisiin tehtäviin.

Tutkimuskysymykset ovat:

- 1) Millaisia behavioraalisia rytmitaitojen mittareita on käytetty lasten rytmisten taitojen tutkimuksessa suhteessa kielellisiin taitoihin?
- 2) Millaisia yhteyksiä rytmisten ja kielellisten taitojen välillä on havaittu?
- 3) Kuinka hyvin rytmimittarit erottelevat yksilöitä ja ryhmiä?

2 Menetelmät

2.1 Aineiston hankinta

Toteutin tutkimuksen systemoituna kirjallisuuskatsauksena. Työn tekemiseen ei ole hyödynnetty generatiivista tekoälyä. Hain aineiston 30.1.2026 neljästä logopedian alalle keskeisestä tietokannasta: PubMed, APA PsycArticles, APA PsycINFO ja Linguistics and Language Behavior Abstracts (LLBA). Kaikissa tietokannoissa käytin seuraavaa hakulauseketta:

("rhythm* abilit*" OR "rhythm* skill*" OR "rhythm* process*" OR "beat percept*") AND (language OR speech OR reading OR "linguistic process*" OR phonology)

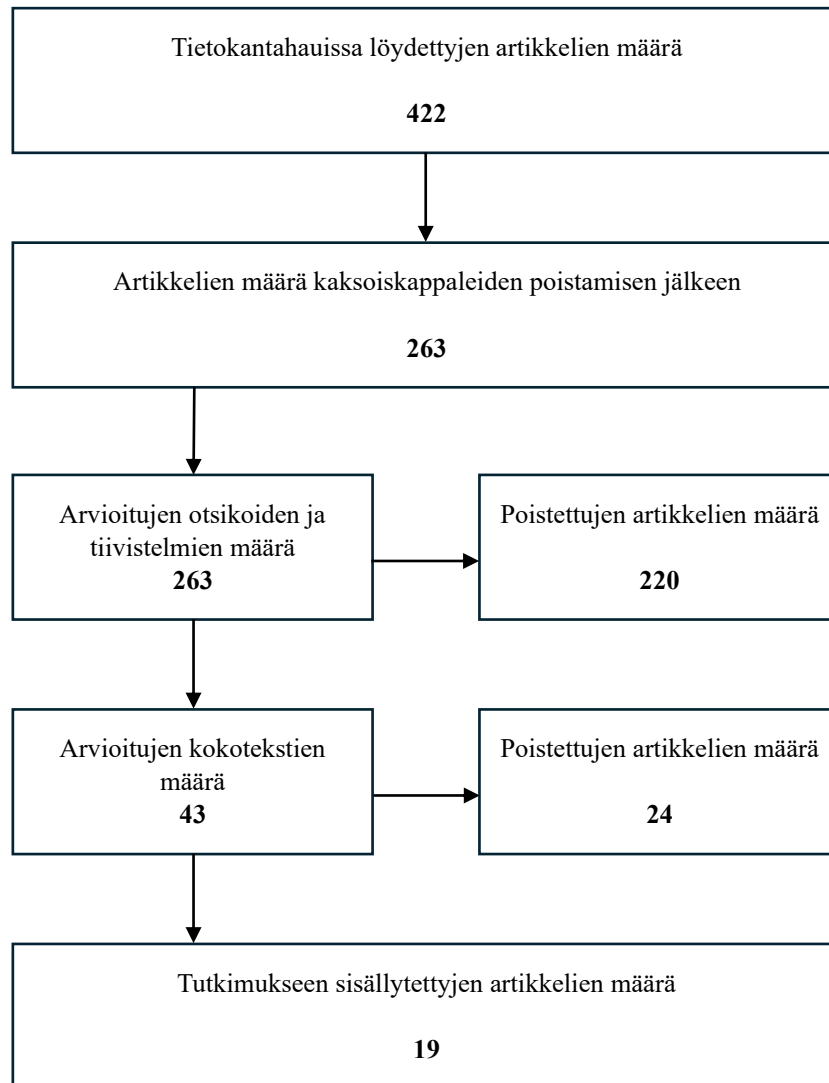
Kuva 1 havainnollistaa artikkelien sisällyttämisen tutkimukseen. Aineistohaku tuotti yhteensä 422 tulosta, joista 184 sain PubMedistä, 9 APA PsycArticlesta, 175 APA PsycINFOsta ja 54 LLBA:sta. Kaksoiskappaleiden poiston jälkeen jäljelle jäi 263 tulosta. Kävin aineiston läpi sisäänotto- ja poissulkukriteerien perusteella. Ensin kävin läpi otsikot ja tiivistelmät, minkä jälkeen artikkeleita jäi jäljelle 43. Näiden artikkelien kokotekstit arvioin samoilla kriteereillä. Lopulliseen tutkimukseen sisällytin 19 artikkelia.

Sisäänotto- ja poissulkukriteerit määrittelin siten, että aineisto kohdistui ei-kielallisten rytmisten taitojen behavioraaliseen mittaamiseen lasten kielellisten taitojen kontekstissa. Artikkelien sisäänottokriteerit olivat: 1) artikkeli on vertaisarvioitu alkuperäistutkimus, 2) artikkelin kokoteksti on saatavilla suomeksi tai englanniksi, 3) tutkittavina on 3–12-vuotiaita lapsia, 4) rytmisiä taitoja tutkitaan behavioraalisilla mittareilla, 5) rytmisiä taitoja tarkastellaan yhteydessä kielelliseen kehitykseen, kielellisiin taitoihin tai lukemisen ja puheen prosessointiin ja 6) tutkimuksessa on mukana kielellinen mittari.

Artikkelien poissulkukriteerit olivat: 1) tutkimus keskittyy rytmisiin taitoihin yksinomaan tai enimmäkseen musiikillisessa kontekstissa, 2) tutkimuksessa tarkastellaan motorisia taitoja ilman yhteyttä kielellisiin taitoihin, 3) tutkimus on interventio, 4) tutkimuksessa tarkastellaan vain puherytmiin liittyviä rytmisiä taitoja ja 5) tutkimuksen tarkoitus on esitellä rytmisiin tai kielellisiin taitoihin liittyvä sovellus tai ohjelmisto.

Kuva 1

Vuokaavio artikkelien sisällyttämisestä katsaukseen



2.2 Aineiston luokittelu

Keräsin katsaukseen sisällytetyistä artikkeleista taulukoihin perustiedot tutkimuksista sekä tutkimuskysymyksiin vastaamiseen tarvittavat tiedot. Perustietoja olivat tutkimuksen tekijät, julkaisuvuosi, maa, jossa tutkimusaineisto kerättiin, tutkittavien otoskoko, ikä ja kohderyhmä sekä tutkimuksessa arvioidut rytmiset ja kielelliset taidot. Tutkimuskysymysten kannalta olennaisia tietoja olivat tutkimuksessa käytetty behavioraalinen rytmitehtävä, havaitut tilastollisesti merkitsevät rytmisten ja kielellisten taitojen yhteydet sekä rytmimittareiden erottelukykyyn liittyvät tekijät, kuten tulosten keskihajonnat.

3 Tulokset

3.1 Tutkimusaineisto

Tässä systemoidussa kirjallisuuskatsauksessa tarkoitukseni oli selvittää, millaisia behavioraalisia mittareita on käytetty lasten rytmisten taitojen tutkimuksessa suhteessa kielellisiin taitoihin, millaisia yhteyksiä rytmisten ja kielellisten taitojen välillä on havaittu, ja kuinka hyvin mittarit erottelevat yksilöitä ja ryhmiä.

Katsaukseen valikoitui yhteensä 19 tutkimusartikkelia, jotka on julkaistu vuosina 1997–2025. Yksi tutkimus on julkaistu vuonna 1997, kaksi tutkimusta 2000-luvulla ja loput (16) 2010- ja 2020-luvulla. Kaksi tutkimusta oli pitkittäistutkimuksia ja muut (17) poikittaistutkimuksia. Poikittaistutkimuksista Kertészin ja Honbolygón (2023) tutkimus oli osa kahden tutkimusartikkelin käsittävää pitkittäistutkimusta; käsittelin tutkimuksen kuitenkin puhtaasti poikittaistutkimuksena, koska pitkittäistutkimukseen kuuluva toinen artikkeli ei valikoitunut katsaukseen. Osaan katsauksen tutkimuksista sisältyi behavioraalisten ei-kielellisten rytmisten taitojen tehtävien lisäksi puherytmitehtäviä tai aivokuvantamistutkimuksia, mutta raportoin näistä tutkimuksista ainoastaan behavioraaliset ei-kielellisiä rytmisiä taitoja arvioivat tehtävät.

Sisäänottokriteerien mukaisesti tutkittavien ikärajaus oli 3–12 vuotta, mutta tutkimuksiin osallistuneiden lasten ikä vaihteli neljän vuoden iästä 11 vuoden ikään. Tutkimusten otoskoot vaihtelivat 21 osallistujasta 242 osallistujaan. Valtaosassa tutkimuksista (18/19) otoskoko oli kuitenkin 75 tai vähemmän. Suurin osa tutkimuksista (10/19) tutki pelkästään tyypillisesti kehittyviä lapsia tai lapsia, joilla ei ollut tunnettuja kehityksellisiä häiriöitä. Kuudessa tutkimuksessa (6/19) vertailtiin tällaisia lapsia ja kliinisiä ryhmiä (lukivaikeus; lukivaikeusriski; kuulovamma; älyllinen kehitysvamma; änkytys) ja kolmessa (3/19) pelkästään kliinisiä ryhmiä (lukivaikeus; älyllinen kehitysvamma; autismikirjon häiriö). Moritzin ja kumppaneiden (2012) tutkimuksessa tutkittavat olivat lapsia, joilla ei ollut tunnettuja kehityksellisiä häiriöitä; koeryhmä koostui lapsista, joiden koululuokka sai musiikinopetusta 45 minuuttia päivittäin, kun taas kontrolliryhmä sai musiikinopetusta 35 minuuttia viikossa.

Tutkimuksissa käytettiin rytmitehtäviä, jotka edellyttivät ensisijaisesti joko tuottamista tai havaitsemista tai näitä molempia. Useissa tutkimuksissa (9/19) käytettiin myös useampaa kuin yhtä rytmitehtävää. Kaikissa tutkimuksissa myös havaittiin yhteyksiä rytmisten ja kielellisten taitojen välillä. Taulukossa 1 esitän tietoja tutkimuksista, tutkittavista, tutkimuksissa arvioituista kielellisistä taidoista sekä käytetyistä rytmitehtävistä.

Taulukko 1

Tietoja tutkimuksista ja tutkittavista

Tekijät, julkaisuvuosi ja maa	Otoskoko	Ikä ja kohderyhmä	Tutkimuksessa arvioidut kielelliset taidot	Rytmittehtävä (rytmisen prosessoinnin osa-alue)
Bonacina ym., 2018, Yhdysvallat	N = 64	5–7 v ei tiedossa olevia kehityksellisiä häiriöitä ¹	Fonologinen työmuisti (epäsanojen toisto), fonologinen tietoisuus (tavujen ja foneemien manipulointi, äänteiden tunnistus), morfosyntaksi, perustason lukeminen	Tuottamistehtävä (sensomotorinen synkronointi)
Bonacina ym., 2020, Yhdysvallat	N = 55	5–8 v ei tiedossa olevia kehityksellisiä häiriöitä ¹	Fonologinen tietoisuus (tavujen ja foneemien manipulointi), nopea nimeäminen	Toistamistehtävä ja tuottamistehtävä (auditiivis-motorinen integraatio; sensomotorinen synkronointi)
Drakoulaki ym., 2025, Kreikka	N = 37	5 v – 6 v 7 kk tyypillisesti kehittyvät	Fonologinen tietoisuus (tavujen ja foneemien manipulointi), fonologinen työmuisti (epäsanojen toisto), morfosyntaksi	Havaitsemistehtävät (rytmirakenteen havaitseminen; tahdin havaitseminen)
Flaugnacco ym., 2014, Italia	N = 48	8–11 v lukivaikeus	Fonologinen tietoisuus (foneemien manipulointi), fonologinen työmuisti (epäsanojen toisto), lukutaito (sanat ja epäsanat)	Toistamistehtävä, havaitsemistehtävä ja tuottamistehtävä (auditiivis-motorinen integraatio; rytmirakenteen havaitseminen; sensomotorinen synkronointi)
González-Trujillo ym., 2014, Espanja	N = 66	8 v 3 kk – 9 v 3 kk ei raportoituja seulontoja	Lukutaito (sanat, epäsanat, lukusujuvuus, sanapaino)	Toistamistehtävä (auditiivis-motorinen integraatio)
Hidalgo ym., 2020, Ranska	N = 56	5–10 v synnynnäinen vaikea huonokuuloisuus (n = 32), normaalikuuloiset (n = 24)	Morfosyntaksi (lyhyiden lauseiden toisto)	Tuottamistehtävä (sensomotorinen synkronointi)

Jackson ym., 1997, Iso-Britannia	N = 22	4–8 v lievä tai keskivaikea kehitysvamma	Artikulaatio (sanat), sanantuotto (spontaani ja kaksisanaiset ilmaukset)	Toistamistehtävä (auditiivis-motorinen integraatio)
Kalashnikova ym., 2021, Australia	n = 55 rytmin tuottaminen; n = 45 rytmin havaitseminen	4 v lukivaikeusriski (n = 26), ei-riskiryhmä (n = 29)	Fonologinen työmuisti (epäsanojen toisto), kirjaintuntemus, sanavaraston koko	Havaitsemistehtävä ja tuottamistehtävä (rytmirakenteen havaitseminen; sensomotorinen synkronointi)
Kertész & Honbolygó, 2023, Unkari	N = 37	3-luokkalaiset (ka. 8,9 v) tyypillisesti kehittyvät	Fonologinen tietoisuus (foneemien manipulointi), lukutaito (sanat ja epäsanat), nopea nimeäminen, oikeinkirjoitus, sanavarasto	Tuottamistehtävät (spontaani motorinen tempo; synkronointi–jatkuvuus)
Lê ym., 2020, Ranska	N = 242	3-luokkalaiset (ka. 8,4 v) ei tiedossa olevia kehityksellisiä häiriöitä ²	Lukutaito (sanat ja epäsanat), oikeinkirjoitus (sanat ja epäsanat)	Tuottamistehtävä (synkronointi–jatkuvuus)
Moritz ym., 2012, Yhdysvallat	n = 30 1. mittaus; n = 12 2. mittaus	5 v – 5 v 11 kk 1. mittaus (koeryhmä n = 15, kontrolliryhmä n = 15); 7 v 9 kk – 8 v 5 kk 2. mittaus (koeryhmä n = 8, kontrolliryhmä n = 4) ei tiedossa olevia kehityksellisiä häiriöitä ³	1. mittaus: Fonologinen tietoisuus (riittely, tavujen ja lauseiden segmentointi, tavujen ja foneemien manipulointi, äänneiden tunnistus), sanavarasto 2. mittaus: Fonologinen tietoisuus (tavujen ja foneemien manipulointi, epäsanojen toisto), lukutaito (sanat ja epäsanat)	1. mittaus: Toistamistehtävä ja havaitsemistehtävä (auditiivis-motorinen integraatio; rytmirakenteen havaitseminen) 2. mittaus: Rytmisiä taitoja ei mitattu
Overy ym., 2003, Iso-Britannia	N = 26	7–11 v lukivaikeus (n = 15), ei-kliininen kontrolliryhmä (n = 11)	Lukeminen ja oikeinkirjoitus (sanat)	Toistamistehtävä, havaitsemistehtävät ja tuottamistehtävät (auditiivis-motorinen integraatio; rytmirakenteen havaitseminen; tempon havaitseminen; rytmirakenteen tuottaminen; tahdin tuottaminen)

Ozernov-Palchik ym., 2017, Yhdysvallat	N = 74	päiväkoti-ikäiset (ka. 5,8 v) ei raportoituja seulontoja	Fonologinen tietoisuus, fonologinen työmuisti, kirjain-äännetietoisuus, morfosyntaksi (lauseiden toisto), nopea nimeäminen	Havaitsemistehtävä (rytmirakenteen havaitseminen)
Rimmer ym., 2023, Kanada	N = 21	6–11 v autismikirjon häiriö	Fonologinen tietoisuus (segmenttien tunnistus, tavujen ja foneemien manipulointi)	Havaitsemistehtävä (tahdin havaitseminen)
Ríos-López ym., 2019, Espanja	n = 43 1. mittaus; n = 38 2. mittaus	4 v 1. mittaus; 5 v 2. mittaus esilukutaitoiset	Fonologinen tietoisuus (foneemien manipulointi), fonologinen työmuisti (epäsanojen toisto), kirjaintuntemus	Tuottamistehtävä (sensomotorinen synkronointi)
Thomson & Goswami, 2008, Iso-Britannia	N = 48	10 v lukivaikeus (n = 25), tyypillisesti kehittyvät (n = 23)	Fonologinen tietoisuus (riimien tunnistus), fonologinen työmuisti (epäsanojen toisto), lukutaito, nopea nimeäminen, oikeinkirjoitus, sanavarasto	Tuottamistehtävä ja havaitsemistehtävä (synkronointi–jatkuvuus; tempon havaitseminen)
Tierney ym., 2021, Iso-Britannia	N = 75	7–11 v neurotyypilliset	Lukutaito (sanat ja epäsanat)	Toistamistehtävä (auditiivis-motorinen integraatio; audiovisuaalis-motorinen integraatio; visuaalis-motorinen integraatio)
van Tilborg ym., 2021, Alankomaat	N = 41	5–8 v lievä älyllinen kehitysvamma (n = 17), ei-kliininen kontrolliryhmä ⁴ (n = 24)	Artikulaatio (sanat ja epäsanat), fonologinen tietoisuus (riimien tunnistus, foneemien manipulointi), kirjaintuntemus, lukutaito (sanat), sanavarasto	Toistamistehtävä (auditiivis-motorinen integraatio ja jatkettu toisto ilman ärsykettä)
Wieland ym., 2015, Yhdysvallat	N = 34	6–11 v änkytys (n = 17), tyypillisesti kehittyvät (n = 17)	Änkytyksen vaikeusaste; kielellisiä taitoja ei arvioitu seulonnan jälkeen	Havaitsemistehtävä (rytmirakenteen havaitseminen)

Huom. 1 = seulottu pois neurologiset häiriöt, autismikirjon häiriö, lukivaikeudet, toiselle kielelle altistuminen; 2 = seulottu pois matala älykkyydosamäärä, motoriset vaikeudet, lukivaikeus; 3 = seulottu pois fyysiset ja emotionaaliset häiriöt, luokalle jääneet, matala älykkyydosamäärä, matala sanavarasto; 4 = seulottu pois näön ja kuulon ongelmat, älylliset häiriöt

3.2 Rytmisten taitojen behavioraaliset mittarit

Esittelen rytmitehtävät yksityiskohtaisesti Taulukossa 2. Suurimmassa osassa (14/19) katsaukseen valikoituneista tutkimuksista rytmitaitoja mitattiin pelkästään kokeellisilla rytmitehtävillä, jotka oli suunniteltu kyseistä tutkimusta varten. Viidessä tutkimuksessa käytettiin tutkimuskäyttöön kehitettyjä valmiita arviointimenetelmiä.

Käytetyt valmiit rytmisten taitojen arviointimenetelmät olivat Battery for the Assessment of Auditory Sensorimotor and Timing Abilities (BAASTA; Dalla Bella ym., 2016), Beat Alignment Test (BAT; Iversen & Patel, 2008), complex Beat Alignment Test (cBAT; Einarson & Trainor, 2016), Musical Aptitude Test (MAT; Overy ym., 2003) sekä Montreal Battery for Evaluating Music Abilities (MBEMA; Peretz ym., 2013), joista vain MBEMA on validoitu ja standardoitu lapsille; BAASTA, cBAT ja BAT ovat kokeellisesti validoituja mutta eivät standardoituja. Overy ja kumppanit (2003) kehittivät MAT-menetelmän, jota käyttivät myöhemmässä tutkimuksessaan Moritz ja kumppanit (2012). cBAT ja MBEMA sisältävät vain havaitsemisen tehtäviä, kun taas BAASTA, BAT ja MAT sisältävät sekä havaitsemisen että tuottamisen tehtäviä. BAT-patteriston sovitettua versiota käyttivät Hidalgo ja kumppanit (2020) sekä Rimmer ja kumppanit (2023). Hidalgo ja kumppanit (2020) hyödynsivät BAT:n sisältämiä havaitsemistehtävän ärsykeitä rytmin tuottamisen tehtävässään. Rimmer ja kumppanit (2023) eivät vertailleet suoraan, miten heidän käyttämänsä BAT erosi alkuperäisestä. Drakoulaki kumppaneineen (2025) käytti cBAT:n sovitettua versiota, jossa käytettyjen rytmien metrisyyttä oli sovellettu.

Tarkastelluissa tutkimuksissa käytettyjen rytmitehtävien psykometrisiä ominaisuuksia raportoitiin vaihtelevasti. Suurimmassa osassa tutkimuksista (14/19) ei esitetty tehtävien reliabiliteettiä tai validiteettiä liittyviä tunnuslukuja. Viidessä tutkimuksessa raportoitiin rytmitehtävän reliabiliteettiä viittaavaa tietoa, ja käytetyt arviointitavat vaihtelivat. Hidalgo ja kumppanit (2020) arvioivat objektiivisen mittarin luotettavuutta vertaamalla sitä asiantuntija-arvioihin ($r = .77-.83$). Thomsonin ja Goswamin (2008) tutkimuksessa Cronbachin alfa-kertoimia hyödynnettiin yhdistettyjen rytmimuuttujien reliabiliteetin arviointiin. González-Trujillo ja kumppanit (2014) arvioivat puolestaan rytmintoistotehtävän sisäistä reliabiliteettia Cronbachin alfa-kertoimella ($\alpha = .81$). Ríos-Lópezin ja kumppaneiden (2019) tutkimuksessa tarkasteltiin mittareiden testauskertojen välistä luotettavuutta korrelaatioiden avulla. Lopuksi van Tilborg ja kumppanit (2021) mainitsivat, että tutkimuksessa käytetylle rytmitehtävälle ei ollut tiedossa olevia reliabiliteettiarvoja.

3.2.1 Rytmitehtävätyypit

Rytmitehtävät voidaan luokitella sen mukaan, edellyttävätkö ne rytmin tuottamista, havaitsemista vai näitä molempia. Tutkimuksista viisi (5/19) keskittyi ensisijaisesti rytmin tuottamisen arviointiin ja neljä (4/19) rytmin havaitsemisen arviointiin. Lopuissa tutkimuksissa (10/19) käytettiin samassa tutkimuksessa sekä erillisiä rytmin tuottamista että rytmin havaitsemisen tehtäviä tai rytmin toistamistehtäviä, jotka edellyttivät sekä havaitsemista että tuottamista.

Rytmitehtävät voidaan luokitella myös sen mukaan, mitä rytmisen prosessoinnin osa-alueita niiden ajatellaan arvioivan. Sensomotorista synkronointia edellyttävät tehtävät olivat yleisimpiä; niitä käytettiin yhteensä yhdeksässä tutkimuksessa. Kaikissa ärsykkeet olivat auditiivisia, ja yleisin käytetty ärsyke oli metronomi, jota käytettiin seitsemässä tutkimuksessa. Hidalgo ja kumppanit (2020) käyttivät sekä metronomia että lyhyitä musiikkikatkelmia ja rytmisarjoja. Näistä sensomotorista synkronointia vaativista tutkimuksista kolmessa käytettiin synkronointi-jatkuvuus-tehtäviä, joissa kaikissa käytettiin ärsykkeenä metronomia. Rytmin tuottamista ilman metronomia jatkettiin yhtä kauan kuin rytmiä oli tuotettu metronomin kanssa. Yhdessä tutkimuksessa arvioitiin lisäksi spontaania motorista tempoa.

Rytmirakenteen havaitsemistehtävissä tutkittavat kuuntelivat rytmisiä ärsykejä ja arvioivat, olivatko kaksi rytmisarjaa samanlaisia vai erilaisia. Tempon havaitsemistehtävissä arvioitiin, kumpi isokronisista ärsykkeistä oli tempoltaan hitaampi tai nopeampi, ja tahdin havaitsemistehtävissä arvioitiin, oliko musiikin päälle lisätty isokroninen auditiivinen ärsyke synkroniassa musiikin tahdin kanssa. Tehtävissä käytettiin erilaisia rytmisarjoja tai lyhyitä melodioita, joiden rytmistä rakennetta tai ajoitusta manipuloitiin. Wielandin ja kumppaneiden (2015) tutkimuksessa ärsykkeinä käytettiin metrisiä ja ei-metrisiä rytmisarjoja. Overyn ja kumppaneiden (2003) tutkimuksessa oli muiden rytmitehtävien lisäksi tehtävä, jossa vaadittiin rytmirakenteen ja tahdin tuottamista. Tutkittavat tuottivat Paljon onnea vaan -laulun rytmikuvion ja toisessa tilanteessa sen tahdin samalla laulaen.

Auditiivis-motorista integraatiota vaativia rytmin toistamistehtäviä käytettiin kahdeksassa tutkimuksessa, ja ärsykkeet olivat erilaisia rytmisarjoja. Esimerkiksi Jacksonin ja kumppaneiden (1997) tutkimuksessa tutkittavat toistivat tutkijan taputtamat rytmit taputtamalla. Bonacina ja kumppanit (2020) sekä Tierney ja kumppanit (2021) mainitsivat käytettyjen rytmisarjojen olleen vahvasti ja heikosti metrisiä. Auditiivis-motorinen integraatio oli katsauksen aineistossa toiseksi käytetyin tehtävätyyppi.

Edellä kuvattujen tehtävätyyppien lisäksi tutkimuksissa vaihtelivat myös tehtävien parametrit, kuten käytetty tempo, rytmien metrinen rakenne sekä suoriutumisesta annettu palaute. Tutkimuksissa nämä tekijät olivat yhteydessä rytmitehtävissä suoriutumiseen ja joissakin tapauksissa myös rytmisten ja kielellisten taitojen välisiin yhteyksiin. Esimerkiksi Ozernov-Palchikin ja kumppaneiden (2017) tutkimuksessa vain metristen rytmien erottelussa suoriutuminen oli yhteydessä kielellisiin taitoihin, ja Bonacinan ja kumppaneiden (2018) tutkimuksessa rytmitehtävissä suoriutumista tukeva palaute oli yhteydessä useampiin kielellisiin taitoihin kuin silloin, kun palautetta ei annettu. Lisäksi useissa tutkimuksissa havaittiin ryhmäeroja kliinisten ryhmien ja verrokkien välillä rytmitehtävissä suoriutumisessa.

Taulukko 2

Rytmitehtävien tiedot ja havaittu yhteys kieleen

Tutkimus	Behavioaraalinen rytmitehtävä	Rytmin tyyppi	Ärsyke	Rytminuuttuja	Rytmin ja kielen havaittu tilastollisesti merkitsevä yhteys
Bonacina ym., 2018	Auditiivisen ärsykkeen tahtiin käsien taputtaminen yhteen 1) visuaalista palautetta saatiin 2) palautetta ei saatu	Isokroninen (54 bpm)	Metronomi	Synkronoinnin vaihtelu	1) Vähemmän synkronoinnin vaihtelua – paremmat tulokset kaikissa kielellisissä mittareissa (fonologinen työmuisti: $r = -.39$, $p = .003$; fonologinen tietoisuus: $r = -.38$, $p = .03$; perustason lukeminen: $r = -.34$, $p = .009$; morfosyntaksi: $r = -.27$, $p = .044$) 2) Vähemmän synkronoinnin vaihtelua – paremmat tulokset perustason lukemisessa ($r = -.27$, $p = .039$)
Bonacina ym., 2020	1) Auditiivisen ärsykkeen tahtiin rummuttaminen 2) Rytmin toistaminen rummuttamalla	1) Isokroninen (100 ja 150 bpm) 2) Vahvasti vs. heikosti metrinen	1) Virvelirumpu 2) Rytmisarjat (synteettiset sävelet)	1) Synkronoinnin johdonmukaisuus 2) Rytmin toiston tarkkuus	1) Johdonmukaisempi synkronointi – paremmat tulokset nopeassa nimeämisessä ($r = -.35$, $p < .05$) 2) Tarkempi rytmin toisto – paremmat tulokset fonologisessa tietoisuudessa ($r = .47$, $p < .01$)
Drakoulaki ym., 2025	1) Rytmin erottelu: sama vai eri (MBEMA) 2) Tahdin havaitseminen (cBAT, sovitettu)	1) Metrinen, ei-isokroninen (nuottiarvot vaihtelevat) 2) Yksinkertainen metrinen (esim. 4/4) vs. kompleksinen metrinen (7/8, 5/8)	1) Lyhyet melodiaparit 2) Musiikkikatkelmat ja päälle asetettu pulssi (rummuniskut)	1) Rytmin erottelun tarkkuus 2) Tahdin havaitsemisen tarkkuus	1) Paremmat foneemien manipuloinnin ($\beta = 0.57$, $p = .014$) ja epäsanojen toistamisen ($\beta = 0.34$, $p = .025$) taidot ennustivat tarkempaa rytmin erottelua Paremmat tavujen manipuloinnin taidot ($\beta = -0.49$, $p = .027$) ennustivat heikompaa rytmin erottelua

					2) Paremmat tavujen manipulaation taidot ($\beta = 0.36, p = .040$) ennustivat parempaa tahdin havaitsemista Tarkempi tahdin havaitseminen ennusti heikompia morfosyntaktisen ymmärtämisen taitoja ($\beta = -0.31, p = .04$) Paremmat morfosyntaktisen ymmärtämisen taidot ($\beta = -0.37, p = .041$) ennustivat heikompaa tahdin havaitsemista
Flaugnacco ym., 2014	1) Auditiivisen ärsykkeen tahtiin naputtaminen kynällä puulaatikkoa vasten 2) Rytmien toistaminen kynällä naputtamalla puulaatikkoa vasten 3) Rytmien erottelu: sama vai eri	1) Isokroninen (90 bpm) 2) Metrinen, ei-isokroninen 3) Metrinen, isokroninen (4/4, 3/4; 120 bpm; keston manipulaatio painollisissa iskuissa)	1) Metronomi 2) Rytmisarjat (puublokkiaänet) 3) Rytmisarjat (synteettiset sävelet)	1) Naputtamisen säännöllisyys 2) Rytmien toiston tarkkuus 3) Metrinen havaitsemisen tarkkuus	1–2) Säännöllisempi naputtelu ja tarkempi rytmien toisto – paremmat tulokset osassa lukutaidon mittareista (sanojen lukemisen tarkkuus: $r_s = .36, p < .01$; sanojen lukemisen nopeus: $r_s = .45, p < .01$) 3) Tarkempi rytmien erottelu – paremmat tulokset lukutaidon mittareissa (sanojen lukemisen tarkkuus: $r_s = -.45, p < .01$; sanojen lukemisen nopeus: $r_s = -.44, p < .01$; epäsanojen lukemisen tarkkuus: $r_s = -.36, p < .01$)
González-Trujillo ym., 2014	Rytmien toistaminen kynällä naputtamalla	Metrinen, ei-isokroninen (vaihtelevat intervallit: lyhyt 0,25 s vs. pitkä 1 s)	Tutkijan kynällä naputtamat rytmit	Rytmien toiston tarkkuus (pisteet)	Tarkempi rytmien toisto – paremmat tulokset sanatasoisessa lukemisessa (dekoodaus: $r_s = .37, p < .01$; lukusujuvuus: $r_s = .42, p < .01$; sanapainojen sijoittaminen: $r_s = .34, p < .01$)
Hidalgo ym., 2020	1) Auditiivisen ärsykkeen tahtiin naputtaminen (BAASTA sekä BAT, sovitettu) 2) Rytmien toistaminen	1) a) Isokroninen (100 bpm) b) Metrinen (90–120 bpm) 2) Ei-isokroninen, kompleksinen (120 bpm)	1) a) Metronomi b) Musiikkikatkelmat 2) Rytmisarjat (synteettiset sävelet)	1) a–b) Synkronoinnin johdonmukaisuus 2) Rytmien imitoinnin tarkkuus	1) a–b) Kuulovammaryhmässä synkronointi oli epäjohdonmukaisempaa kuin normaalikuuloisilla (metronomi: $\beta = -1.32, p = .007, d = 0.55$; musiikki: $\beta = -0.23, p < .001, d = 1.12$) 2) Kuulovammaryhmässä rytmien imitointi oli epätarkempaa kuin normaalikuuloisilla ($\beta = -0.10, p < .001, d = 1.38$) Tarkempi rytmien imitointi – paremmat tulokset lauseiden toistamisessa ($\beta = 0.39, p = .03$)

Jackson ym., 1997	Rytmin toistaminen taputtamalla käsiä yhteen	Metriäinen, isokroninen (72 bpm)	Tutkijan taputtamat rytmisarjat	Rytmin toiston tarkkuus	Tarkempi rytmin toisto – enemmän tuotettuja tavuja ($r = .57, p < .01$)
Kalashnikova ym., 2021	1) Rytmin erottelu: sama vai eri 2) Audititiivisen ärsykkeen tahtiin näppäimistön painikkeen naputtaminen	1) Metriäinen, isokroninen (3/4, 4/4; 120 bpm; keston manipulaatio painollisissa iskuissa) 2) Isokroninen (120 bpm)	1) Rytmisarjat (vibrafoni) 2) Metronomi	1) Rytmin erottelun tarkkuus ja erotuskyky 2) Synkronoinnin epätarkkuus ja vaihtelu	1) Lukivaikeusriskiryhmä erotteli rytmejä epätarkemmin ($p = .025, \eta_p^2 = .11$) ja erotuskyky oli heikompi ($p = .048, d = 0.62$) kuin ei-riskiryhmällä 2) Vähemmän synkronoinnin epätarkkuutta ja vaihtelua – paremmat tulokset kaikissa kielellisissä mittareissa (epäsanojen toisto: $r_s = .32, p < .05$; sanavaraston koko: $r_s = .27, p < .05$; kirjaintuntemus: $r_s = .30, p < .05$)
Kertész & Honbolygó, 2023	1) Audititiivisen ärsykkeen tahtiin naputtaminen ja naputtamisen jatkaminen hiljaisuudessa 2) Spontaanin motorisen tempon tuottaminen naputtamalla	1) Isokroninen (80, 120 ja 150 bpm) 2) Spontaanin	1) Metronomi 2) Ei ärsykettä	1) Synkronoinnin epätarkkuus ja johdonmukaisuus ja tempon ylläpitäminen 2) Naputuksen tempo	1) Lukutaitoa ennustava regressiomalli oli merkitsevä ($p = .004, R^2 = .41$), ja synkronoinnin epätarkkuus 80 bpm tempossa ennusti lukutaitoa merkitsevästi ($p = .007$). Oikeinkirjoitusta ennustava regressiomalli oli merkitsevä ($p < .001, R^2 = .60$), ja synkronoinnin epätarkkuus 80 bpm tempossa ennusti oikeinkirjoitusta merkitsevästi ($p = .010$)
Lê ym., 2020	Audititiivisen ärsykkeen tahtiin naputtaminen ja naputtamisen jatkaminen hiljaisuudessa	Isokroninen (90 ja 150 bpm)	Metronomi	Synkronoinnin tarkkuus ja vaihtelu	Parempi synkronoinnin tarkkuus – paremmat tulokset osassa lukutaidon mittareista (sanat, joilla korkea kirjain-äännevastaavuus: $r = .18, p < .05, BH$; epäsanat: $r = .15, p < .05, BH$) ja kirjoitustaidon mittareista (sanat, joilla heikko kirjain-äännevastaavuus: $r = .17, p < .05, BH$; epäsanat: $r = .20, p < .05, BH$) Vähemmän synkronoinnin vaihtelua – paremmat tulokset osassa lukutaidon mittareista (sanat, joilla korkea kirjain-äännevastaavuus: $r = .19, p < .05, BH$; sanat, joilla heikko kirjain-äännevastaavuutta: $r = .17, p < .05, BH$) ja

kirjoitustaidon mittareista (epäsanat: $r = .17$, $p < .05$, BH)

Moritz ym., 2012	1) a) Tempon ja b) rytmin toistaminen naputtamalla näppäimistön painiketta (MAT) 2) Rytmin erottelu: sama vai eri	1) a) Isokroninen (60, 80, 100 ja 136 bpm) b) Metrinen, ei-isokroninen 2) Metrinen, ei-isokroninen	1) Rytmisarjat (bongorumpu) 2) Rytmiparit (bongorumpu)	1) Tempon/rytmin kopioinnin epätarkkuus 2) Rytmin erottelun tarkkuus	1. mittaus: Vähemmän tempon kopioinnin epätarkkuutta – paremmat tulokset lauseiden segmentoinnissa (Kendallin tau-b = $-.37$, $p < .01$) ja vähemmän rytmin kopioinnin epätarkkuutta – paremmat tulokset tavujen segmentoinnissa (Kendallin tau-b = $-.27$, $p < .05$) 2. mittaus: Vähemmän rytmin kopioinnin epätarkkuutta 1. mittauksessa – paremmat tulokset fonologisessa tietoisuudessa ($r = -.62 - -.77$, $p = .005-.041$) ja lukutaidossa ($r = -.62 - -.76$, $p = .007-.041$) ja tarkempi rytmin erottelu 1. mittauksessa – paremmat tulokset fonologisessa tietoisuudessa ($r = .63-.64$, $p = .035-.037$)
Overy ym., 2003	(MAT) 1) a) Tempon ja b) rytmin toistaminen naputtamalla näppäimistön painiketta 2) a) Rytmin erottelu: a) sama vai eri ja b) tempon erottelu: sama vai eri 3) a) Rytmin ja b) tahdin tuottaminen naputtamalla näppäimistön painiketta	1) a) Isokroninen (48, 60, 80, 120 ja 240 bpm) b) Metrinen, ei-isokroninen 2) a) Metrinen, ei-isokroninen b) Isokroninen (64–800 bpm) 3) a) Metrinen, ei-isokroninen b) Isokroninen	1–2) Rytmisarjat 3) Paljon onnea vaan -laulu	1) a) Tempon toistamisen epätarkkuus b) Rytmin toistamisen tarkkuus 2) Tempon/rytmin erottelun tarkkuus 3) Naputtamisen tarkkuus	1) Lukivaikeusryhmä toisti tempon epätarkemmin kuin kontrolliryhmä ($p < .05$) tempon ollessa 80 bpm 3) a) Tarkempi naputtamisen tarkkuus – paremmat tulokset oikeinkirjoituksessa ($r = .54$, $p < .005$)
Ozernov-Palchik ym., 2017	Rytmin erottelu: sama vai eri	Metrinen vs. ei-metrinen	Rytmisarjat (lehmänkello)	Rytmin erottelun tarkkuus	Tarkempi rytmin erottelu metrinen rytmien erottelun tehtävässä – paremmat tulokset kirjain-äännetietoisuudessa ($r = .42$, $p < .001$, Bonferroni-korjattu)

Rimmer ym., 2023	Tahdin havaitseminen (BAT, sovitettu)	Isokroninen	Musiikkikatkelmat ja päälle asetetut piippaukset	Tahdin havaitsemisen tarkkuus	Tarkempi tahdin havaitseminen – paremmat tulokset fonologisessa tietoisuudessa ($r = .55, p = .01$, Bonferroni-korjattu)
Ríos-López ym., 2019	Auditiivisen ärsykkeen tahtiin rummuttaminen	Isokroninen (100 bpm)	Tutkijan rummutus elektronisella rumpualustalla	Synkronoinnin johdonmukaisuus	Johdonmukaisempi synkronointi 5-vuotiaana – paremmat tulokset kirjaintuntemuksessa 5-vuotiaana ($r = .49, p = .02$, FDR); parempi kirjaintuntemus - johdonmukaisempi synkronointi 5-vuotiaana ($r = .50, p = .02$, FDR)
Thomson & Goswami, 2008	1) Tempon erottelu: sama vai eri 2) Auditiivisen ärsykkeen tahtiin tietokonehiiren painikkeen naputtaminen ja naputtamisen jatkaminen hiljaisuudessa	1) Isokroninen (ISI 210–240 ms) 2) Isokroninen (90, 120 ja 150 bpm)	1) Rytmisarjat (synteettiset sävelet) 2) Metronomi	1) Tempon erottelun kynnys 2) Naputtamisen tarkkuus, synkronoinnin vaihtelu ja naputusten ennakoituaika	Lukivaikeusryhmä oli epätarkempi metronomin tahdissa naputtelussa ($p < .05$) ja heillä oli enemmän synkronoinnin vaihtelua ($p < .05$) kuin tyypillisesti kehittyvät 1) Pienempi tempon erottelun kynnys – paremmat tulokset lukemisessa ($r = -.29, p < .05$) 2) Vähemmän synkronoinnin vaihtelua metronomin tahdissa naputtelussa – paremmat tulokset lukemisessa ($r = -.49, p < .01$), oikeinkirjoituksessa ($r = -.55, p < .001$) ja riimitelyssä ($r = -.40, p < .01$)
Tierney ym., 2021	Rytmin toistaminen kynällä naputtamalla pöytää vasten	Vahvasti vs. heikosti metrinen	Rytmisarjat (congarumpu) Kolme tilannetta: audio; video (rytmin tahtiin pomppiva pallo); audio ja video	a) Rytmin toistamisen tarkkuus ja b) tempon virhe	a) Parempi lukutaito – tarkempi rytmin toisto auditiivisessa ($r = .39, p < .001$), visuaalisessa ($r = .32, p = .005$) ja audiovisuaalisessa tilanteessa ($r = .30, p = .009$); parempi epäsanojen lukutaito – tarkempi rytmin toisto auditiivisessa ($r = .37, p < .001$) ja visuaalisessa tilanteessa ($r = .32, p = .005$) b) Parempi lukutaito – pienempi tempon virhe auditiivisessa tilanteessa ($r = -.27, p = .020$); parempi epäsanojen lukutaito – pienempi tempon virhe auditiivisessa tilanteessa ($r = -.29, p = .012$)

van Tilborg ym., 2021	Rytmin toistaminen kynällä naputtamalla ja uudelleen hiljaisuudessa 5 kertaa	Metriten, ei-isokroninen	Tutkijan kynällä naputtama rytmi	Rytmin toistamisen tarkkuus	Kehitysvammaryhmässä rytmin toisto oli epätarkempaa kuin kontrolliryhmässä ($p < .001$, $d = 1.84$) Tarkempi rytmin toisto – paremmat tulokset kirjaintuntemuksessa ($r = .68$, $p < .01$) ja fonologisessa tietoisuudessa ($r = .67$, $p < .01$)
Wieland ym., 2015	Rytmin erottelu: sama vai eri	Metriten vs. ei-metriten	Rytmisarjat (synteettiset sävelet)	Rytmin erottelun tarkkuus	Änkytysryhmässä rytmin erottelu oli epätarkempaa kuin tyypillisesti kehittyvillä ($p = .027$, $\eta_p^2 = .14$)

Huom. Negatiiviset korrelaatiokertoimet eivät suoraan osoita heikompaa kielellistä suoriutumista, vaan ne voivat johtua muuttujien mitta-asteikoista. Osassa rytmimuuttujista suurempi arvo kuvaa heikompaa suoriutumista (esim. suurempi vaihtelu tai virhemäärä), kun taas toisissa suurempi arvo kuvaa parempaa suoriutumista (esim. oikein toistettujen rytmien määrä). Myös kielellisissä mittareissa suurempi arvo saattaa kuvata joko heikompaa (esim. pidempi luku-aika) tai parempaa suoriutumista (esim. oikeiden vastausten määrä). Näin ollen negatiivinen korrelaatio tarkoittaa parempaa suoriutumista molemmissa muuttujissa silloin, kun niiden asteikot ovat vastakkaisuuntaisia.

bpm = beats per minute, iskua minuutissa; ITI = inter-tap interval, kahden peräkkäisen naputuksen välinen aikaväli; ISI = inter-stimulus interval, kahden peräkkäisen ärsyksen välinen aikaväli; SD = keskihajonta; CV = variaatiokerroin; BH = Benjamini-Hochberg-korjaus; FDR = false discovery rate, FDR-korjaus

BAASTA = Battery for the Assessment of Auditory Sensorimotor and Timing Abilities (Dalla Bella ym., 2016); BAT = Beat Alignment Test (Iversen & Patel, 2008); cBAT = complex Beat Alignment Test (Einarson & Trainor, 2016); MAT = Music Aptitude Test (Overy ym., 2003); MBEMA = Montreal Battery for Evaluating Music Abilities (Peretz ym., 2013)

3.2.2 Rytmitehtävien yhteydet kielellisiin taitoihin

Katsaukseen sisältyneissä tutkimuksissa havaittiin johdonmukaisesti yhteyksiä rytmisten taitojen ja kielellisten taitojen välillä (ks. Taulukko 2). Paremmat rytmiset taidot korreloivat eli olivat yhteydessä parempiin kielellisiin taitoihin. Useissa tutkimuksissa paremmat rytmiset taidot olivat yhteydessä muun muassa vahvempiin fonologisiin taitoihin sekä tarkempaan ja sujuvampaan lukemiseen. Havaittujen yhteyksien voimakkuus vaihteli pienistä suuriin efektikokoihin, mutta useimmat raportoidut yhteydet olivat pieniä tai keskisuuria ($r < .50$). Suurimmat tilastollisesti merkitsevät korrelaatiot havaittiin van Tilborgin ja kumppaneiden (2021) tutkimuksessa, jossa rytmin toistamisen tarkkuus korreloi vahvasti kirjaintuntemuksen ($r = .68$) ja fonologisen tietoisuuden ($r = .67$) kanssa.

Tutkimusten korrelaatiotulokset osoittivat johdonmukaisesti positiivisia yhteyksiä, eli parempien rytmisten taitojen korreloivan parempien kielellisten taitojen kanssa. Drakoulaki kumppaneineen (2025) havaitsi negatiivisia yhteyksiä tarkastellessaan rytmitaitojen suhdetta kieleen monimuuttujamalleissa. Foneemien manipulointi ja fonologinen työmuisti (epäsanojen toisto) ennustivat tarkempaa rytmin erottelukykyä, kun taas tavujen manipulointi ennusti heikompaa rytmin erottelukykyä. Tämän voidaan arvioida johtuvan siitä, että foneemien manipulointi ja epäsanon toisto olivat vahvempia muuttujia, jotka selittivät suuren osan rytmin erottelukykyyn liittyvästä vaihtelusta. Kun nämä vahvemmat taidot otettiin mallissa huomioon, tavujen manipuloinnin jäljelle jäävä, muista muuttujista riippumaton osuus oli negatiivisesti yhteydessä rytmin erotteluun. Se ei kuvaa todellista negatiivista yhteyttä, vaan sitä, että tavujen manipulointi jakaa paljon yhteistä vaihtelua vahvempien fonologisten taitojen kanssa. Kun tämä jaettu osuus huomioidaan mallissa, tavujen manipuloinnin oma osuus ei liity rytmin erotteluun positiivisesti. Tutkimuksessa myös tarkempi tahdin havaitseminen ennusti heikompia morfosyntaktisia taitoja ja päinvastoin. Tutkijat huomauttavat, että yhteydet olivat lähellä tilastollisen havaitsemisen rajaa, heidän käyttämänsä morfosyntaksitesti ei ollut standardoitu, ja kreikan kielen rikas morfosyntaksi voi tehdä näistä taidoista vähemmän herkkiä yksilöllisille eroille.

Taulukon 2 perusteella yhteyksien voimakkuus vaihteli jonkin verran rytmitaitotyyppittäin. Auditiivis-motorista integraatiota vaativissa rytmin toistamistehtävissä raportoidut efektikoot olivat usein keskisuuria tai suuria, kun taas sensomotorisen synkronoinnin tehtävissä yhteyksien voimakkuus vaihteli enemmän. Osassa tutkimuksista synkronointiin liittyvät muuttujat olivat yhteydessä kielellisiin taitoihin vain pienillä efektikoilla (esim. Lê ym., 2020),

mutta keskisuuria ja suuriakin efektikokoja havaittiin (esim. Thomson & Goswami, 2008; Rimmer ym., 2023). Tätä synkronointitehtävien tulosten suurempaa hajontaa voi selittää osaltaan luvussa 3.2.3 tarkemmin käsiteltävä ilmiö: jatkuviin aikamuuttujiin perustuvat synkronointimittarit havaitsevat hienojakoista yksilöllistä vaihtelua ilman kattoefektejä, mikä mahdollistaa kielellisiin taitoihin liittyvien erojen havaitsemisen. Toisaalta hajontaa lisää synkronointitehtävien herkkyyys motorisille ja kognitiivisille tekijöille, kuten käytetylle tempolle tai ärsyketyypille, jolloin suoritukseen voi liittyä rytmisen prosessoinnin ohella muita muuttujia. Tulosten vertailua vaikeuttavat kuitenkin tutkimusten väliset erot käytetyissä rytmitehtävissä, rytmimuuttujissa ja kielellisissä mittareissa. Taulukon 2 perusteella myös ryhmävertailuissa havaittiin usein suuria efektikokoja (esim. änkyttävät lapset vs. tyypillisesti kehittyvät: Wieland ym., 2015).

Kummassakin katsaukseen sisältyneessä pitkittäistutkimuksessa rytmitaidot olivat yhteydessä kielellisiin taitoihin. Moritzin ja kumppaneiden (2012) tutkimuksessa tarkempi rytmin kopiointi viisivuotiaana oli yhteydessä parempaan fonologiseen tietoisuuteen ja lukutaitoon kahdeksan vuoden iässä. Vastaavasti tarkempi rytmin erottelu oli yhteydessä parempaan fonologiseen tietoisuuteen. Ríos-López ja kumppanit (2019) havaitsivat, että parempi kirjaintuntemus neljän vuoden iässä oli yhteydessä johdonmukaisempaan sensomotoriseen synkronointiin viisivuotiaana. Kokonaisuutena katsauksen tulokset viittaavat siihen, että rytmisten taitojen ja kielellisten taitojen välillä on yhteys, mutta yhteyksien voimakkuus vaihtelee sekä käytetyn rytmitehtävän että tarkastellun kielellisen taidon mukaan.

Olen koonnut Taulukkoon 3 tutkimuksissa tarkastellut kielelliset taidot sekä eriteltyt, mitä rytmitehtävätyyppejä kunkin kielellisen taidon yhteydessä oli hyödynnetty. Taulukko osoittaa, että eri kielellisiin taitoihin oli liitetty osittain erilaisia rytmitehtävätyyppejä. Fonologiseen tietoisuuteen ja lukutaitoon oli liitetty eniten erilaisia rytmitaitoja, mikä viittaa siihen, että näitä taitoja on tarkasteltu tutkimuskirjallisuudessa rytmin näkökulmasta useammin kuin muita taulukossa esitettyjä kielellisiä taitoja. Toisaalta jotkut tutkimukset (esim. Overy ym., 2003) ovat tarkastelleet yhtä ja samaa kielellistä taitoa (esim. oikeinkirjoitus) useiden rytmisten taitojen näkökulmasta. Katsauksen aineiston rajallisuuden vuoksi aiheesta ei voida tehdä juurikaan yleistyksiä.

Taulukko 3

Kielelliset taidot ja niihin liitetyt rytmitehtävät

Kielellinen taito	Rytmitehtävätyyppi	Tutkimukset
Artikulaatio	Auditiivis-motorinen integraatio	Jackson ym., 1997; van Tilborg ym., 2021
Fonologinen tietoisuus	Auditiivis-motorinen integraatio Rytmirakenteen havaitseminen Sensomotorinen synkronointi Spontaani motorinen tempo Synkronointi–jatkuvuus Tahdin havaitseminen Tempon havaitseminen	Bonacina ym., 2020; Flaugnacco ym., 2014; Moritz ym., 2012; van Tilborg ym., 2021 Drakoulaki ym., 2025; Flaugnacco ym., 2014; Moritz ym., 2012; Ozernov-Palchik ym., 2017 Bonacina ym., 2018; Bonacina ym., 2020; Flaugnacco ym., 2014; Ríos-López ym., 2019 Kertész & Honbolygó, 2023 Kertész & Honbolygó, 2023; Thomson & Goswami, 2008 Drakoulaki ym., 2025; Rimmer ym., 2023 Thomson & Goswami, 2008
Fonologinen työmuisti	Rytmirakenteen havaitseminen Sensomotorinen synkronointi Synkronointi–jatkuvuus Tahdin havaitseminen Tempon havaitseminen	Drakoulaki ym., 2025; Kalashnikova ym., 2021; Ozernov-Palchik ym., 2017 Bonacina ym., 2018; Kalashnikova ym., 2021; Ríos-López ym., 2019 Thomson & Goswami, 2008 Drakoulaki ym., 2025 Thomson & Goswami, 2008
Kirjaintuntemus	Auditiivis-motorinen integraatio Rytmirakenteen havaitseminen Sensomotorinen synkronointi	van Tilborg ym., 2021 Kalashnikova ym., 2021 Kalashnikova ym., 2021; Ríos-López ym., 2019
Kirjain-äännetietoisuus	Rytmirakenteen havaitseminen	Ozernov-Palchik ym., 2017
Lukutaito	Auditiivis-motorinen integraatio	Flaugnacco ym., 2014; González-Trujillo ym., 2014; Moritz ym., 2012; Overy ym., 2003; Tierney ym., 2021; van Tilborg ym., 2021

	Rytmirakenteen havaitseminen Rytmirakenteen tuottaminen Sensomotorinen synkronointi Spontaani motorinen tempo Synkronointi–jatkuvuus Tahdin tuottaminen Tempon havaitseminen	Flaugnacco ym., 2014; Moritz ym., 2012; Overy ym., 2003 Overy ym., 2003 Bonacina ym., 2018; Flaugnacco ym., 2014 Kertész & Honbolygó, 2023 Kertész & Honbolygó, 2023; Lê ym., 2020; Thomson & Goswami, 2008 Overy ym., 2003 Overy ym., 2003; Thomson & Goswami, 2008
Morfosyntaksi	Spontaani motorinen tempo Rytmirakenteen havaitseminen Sensomotorinen synkronointi Tahdin havaitseminen	Hidalgo ym., 2020 Drakoulaki ym., 2025; Ozernov-Palchik ym., 2017 Bonacina ym., 2018; Hidalgo ym., 2020 Drakoulaki ym., 2025
Nopea nimeäminen	Auditiivis-motorinen integraatio Rytmirakenteen havaitseminen Sensomotorinen synkronointi Spontaani motorinen tempo Synkronointi–jatkuvuus Tempon havaitseminen	Bonacina ym., 2020 Ozernov-Palchik ym., 2017 Bonacina ym., 2020 Kertész & Honbolygó, 2023 Kertész & Honbolygó, 2023; Thomson & Goswami, 2008 Thomson & Goswami, 2008
Oikeinkirjoitus	Auditiivis-motorinen integraatio Rytmirakenteen havaitseminen Rytmirakenteen tuottaminen Spontaani motorinen tempo Synkronointi–jatkuvuus Tahdin tuottaminen Tempon havaitseminen	Overy ym., 2003 Overy ym., 2003 Overy ym., 2003 Kertész & Honbolygó, 2023 Kertész & Honbolygó, 2023; Lê ym., 2020 Overy ym., 2003 Overy ym., 2003
Sanantuotto	Auditiivis-motorinen integraatio	Jackson ym., 1997
Sanavarasto	Auditiivis-motorinen integraatio Rytmirakenteen havaitseminen Sensomotorinen synkronointi Spontaani motorinen tempo Synkronointi–jatkuvuus Tempon havaitseminen	Moritz ym., 2012; van Tilborg ym., 2021 Kalashnikova ym., 2021; Moritz ym., 2012 Kalashnikova ym., 2021 Kertész & Honbolygó, 2023 Kertész & Honbolygó, 2023; Thomson & Goswami, 2008 Thomson & Goswami, 2008

3.2.3 Rytmitehtävissä havaittu yksilöllinen vaihtelu

Olen koonnut rytmitehtävien erottelukykyyn ja yksilölliseen vaihteluun liittyviä keskeisiä tietoja Taulukkoon 4. Arvioin tutkimuksissa käytettyjen rytmitehtävien erottelukykyä pääosin sen perusteella, kuinka laajasti tutkittavien suoritukset vaihtelivat. Arviointi perustui ensisijaisesti tutkimusten raportointiin tunnuslukuihin ja silloin, kun tunnuslukuja ei raportoitu, tutkimusartikkeleissa esitettyihin kuvaajiin. Myös tilastollisesti merkitsevät korrelaatiot kielellisiin taitoihin osoittivat, että mittarit heijastivat yksilöllisiä eroja, mutta ne eivät yksinään osoittaneet mittarin erottelukykyä, koska vaihtelun laajuutta ei voitu arvioida ilman hajontalukuja tai jakaumatietoa.

Tulosten perusteella rytmitehtävien erottelukyky vaihteli mittarityypin mukaan. Jatkuviin aikamuuttujiin perustuvat synkronointimittarit osoittivat johdonmukaisesti suhteellisesti suurta yksilöllistä vaihtelua. Tämä ilmeni useissa tutkimuksissa esimerkiksi suurina keskihajontoina suhteessa keskiarvoon sekä laajoina jakaumina kuvaajissa. Tarkkuusmittareissa, kuten rytmin tai tempon erottelun tarkkuudessa (oikeiden vastausten osuus), tahdin havaitsemisen tarkkuudessa sekä osassa rytmin toistamisen tehtävistä (pisteet tai oikeiden vastausten osuus), vaihtelu oli usein rajallisempaa. Tätä rajallisempaa vaihtelua voivat selittää osaltaan kattoefektit, jolloin mittari on liian helppo. Esimerkiksi Overyn ja kumppaneiden (2003) erottelutehtävässä oikeiden vastausten osuus oli sekä lukivaikeus- että kontrolliryhmällä noin 80–90 %. Rytmin toistamisen tehtävissä erottelukyky vaihteli tehtävätyypin ja käytetyn mittaustavan mukaan. Jatkuvat muuttujat mahdollistivat tarkemman yksilöllisen vaihtelun tarkastelun, kun taas karkeat asteikot rajoittivat vaihtelun ilmenemistä. Kattoefektien vastakohtana esiintyi viitteitä lattiaefektistä silloin, kun tehtävä osoittautui lapsille liian vaikeaksi. Esimerkiksi Kertészin ja Honbolygón (2023) tutkimuksessa tempon ylläpitämistä hiljaisuudessa mitattiin kaksijakoisella (0/1) muuttujalla, ja valtaosa lapsista epäonnistui saaden arvon 0 erityisesti hitaimmassa (80 bpm) tempossa.

Kuusi katsauksen 19 tutkimuksesta hyödynsi rytmitehtäviä myös klinisten ja ei-klinisten ryhmien vertailuun. Näissä tutkimuksissa useiden mittareiden kohdalla havaittiin tilastollisesti merkitseviä ryhmäeroja, mikä viittaa siihen, että mittarit erottelevat ryhmiä, mutta ne eivät yksinään kerro yksilöllisen vaihtelun laajuudesta. Esimerkiksi Wielandin ja kumppaneiden (2015) tutkimuksessa änkytysryhmän lapset erottelivat rytmejä tilastollisesti merkitsevästi epätarkemmin ($\eta_p^2 = .14$). Osassa tutkimuksista vain joidenkin mittareiden kohdalla havaittiin tilastollisesti merkitsevä ryhmäero. Overyn ja kumppaneiden (2003) tutkimuksessa vain yhden

mittarin kohdalla, ja vain yhdessä tilanteessa (tempon ollessa 80 bpm), löydettiin tilastollisesti merkitsevä ryhmäero lasten, joilla on lukivaikeus, toistaessa tempon kontrolliryhmää epätarkemmin. Ryhmävertailujen yhteydessä havaittiin myös, että yksilöllisen vaihtelun laajuus voi vaihdella ryhmien välillä. Esimerkiksi Kalashnikovan ja kumppaneiden (2021) erottelutehtävässä sekä Thomsonin ja Goswamin (2008) synkronointitehtävässä (synkronointi-jatkuvuus, 90 bpm hiljaisuudessa) riski- tai häiriöryhmien keskihajonnat olivat suurempia kuin verrokkiryhmissä. Tämä viittaa siihen, että mittarit saattavat paljastaa erityisen suurta vaihtelua niissä lapsiryhmissä, joilla on kielellisiä vaikeuksia tai niiden riski. Kliinisestä näkökulmasta riski- ja häiriöryhmien suurempi hajonta on merkki mittareiden hyvästä erottelukyvystä: tehtävät kykenevät tavoittamaan kliinisen ryhmän sisäiset erot suoriutumisessa sekä erottelemaan vaikeuksien yksilöllistä vakavuusastetta. Olen raportoinut tilastollisesti merkitsevät ryhmäerot mittareittain Taulukossa 2.

Mittareiden erottelukyvyn vertailua vaikeutti huomattavasti raportoinnin hajanaisuus. Useissa katsauksen tutkimuksissa (esim. Bonacina ym., 2020; Flaugnacco ym., 2014; Hidalgo ym., 2020) keskiarvoja ja keskihajontoja ei raportoitu lainkaan numeerisesti. Vaihtelun arviointi perustui tällöin ensisijaisesti artikkeleissa esitettyihin laatikko-jana-kuvioihin, pistekaavioihin ja pylväskuvioihin, mikä rajoittaa tulosten vertailukelpoisuutta. Myös katsauksen tutkimusten kehityksellisesti laajahko ikähaarukka (4–11 vuotta) saattaa vaikuttaa havaittuun yksilölliseen vaihteluun. Nuoremmilla lapsilla motoristen ja kognitiivisten toimintojen kypsyvätkäyttömyys voi lisätä suoritusten hajontaa ja täten heijastaa osittain ikään liittyvää yleistä kehitystasoa rytmisen prosessoinnin erojen lisäksi.

Taulukko 4

Yksilöllinen vaihtelu rytmitehtävissä

Tutkimus	Tehtävä	Muuttuja	Asteikko	M	SD	Huomiot ja arvio mittarin erottelukyvystä
Bonacina ym., 2018	Metronomin tahdissa taputus	Synkronoinnin vaihtelu (asynkronian SD)	ms	kun palaute saatiin 13,09 ei saatu 13,79	3,15 3,07	
Bonacina ym., 2020	Audion tahdissa rummutus	Synkronoinnin johdonmukaisuus (vektorin pituus R)	0–1	Ei raportoitu	Ei raportoitu	Yksilöllistä vaihtelua havaittavissa: pistekaavion perusteella kohtalaista hajontaa. Lisäksi tilastollisesti merkitsevä yhteys kielelliseen muuttujaan (nopea nimeäminen) viittaa siihen, että mittari heijastaa yksilöllisiä eroja.*
	Rytmin toistaminen rummuttamalla	Rytmin toiston tarkkuus (oikeiden vastausten osuus)	%	Ei raportoitu	Ei raportoitu	Yksilöllistä vaihtelua havaittavissa: pistekaavion perusteella selkeää hajontaa sekä matalilla että korkeilla pistemäärillä. Lisäksi tilastollisesti merkitsevä yhteys kielelliseen muuttujaan (fonologinen tietoisuus) viittaa siihen, että mittari heijastaa yksilöllisiä eroja.*
Drakoulaki ym., 2025	Rytmin erottelu: sama–eri (MBEMA)	Rytmin erottelun tarkkuus (oikeiden vastausten osuus)	%	61,89	12,38	
	Tahdin havaitseminen (cBAT, sovitettu)	Tahdin havaitsemisen tarkkuus (oikeiden vastausten osuus)	%	64,05	21,79	

Flaunacco ym., 2014	Metronomin tahdissa naputus	Naputtamisen säännöllisyys (ITI-vaihtelun CV)	–	Ei raportoitu	Ei raportoitu	Yksilöllistä vaihtelua havaittavissa: laatikko-janakuvion ja pistekaavion perusteella kohtalaista hajontaa. Lisäksi tilastollisesti merkitsevä yhteys lukutaitoon ja fonologiseen tietoisuuteen viittaa siihen, että mittari heijastaa yksilöllisiä eroja.*
	Rytmin toistaminen	Rytmin toiston tarkkuus (pisteet)	1–9	Ei raportoitu	Ei raportoitu	Yksilöllistä vaihtelua havaittavissa: laatikko-janakuvion ja pistekaavion perusteella melko suurta hajontaa. Lisäksi tilastollisesti merkitsevä yhteys lukutaitoon viittaa siihen, että mittari heijastaa yksilöllisiä eroja.*
	Rytmin erottelu: sama–eri	Metrisen havaitsemisen tarkkuus (oikeiden vastausten osuus)	%	Ei raportoitu	Ei raportoitu	Yksilöllistä vaihtelua havaittavissa: laatikko-janakuvion perusteella kohtalaista hajontaa. Lisäksi tilastollisesti merkitsevä yhteys lukutaitoon viittaa siihen, että mittari heijastaa yksilöllisiä eroja.*
González-Trujillo ym., 2014	Rytmin toistaminen	Rytmin toiston tarkkuus (pisteet)	0–21	16,85 (vaihteluväli 11–21)	2,57	
Hidalgo ym., 2020	Metronomin/musiikin tahtiin naputus (BAASTA sekä BAT, sovitettu)	Synkronoinnin johdonmukaisuus (vektorin pituus R)	0–1	Ei raportoitu	Ei raportoitu	Yksilöllistä vaihtelua havaittavissa molemmissa ryhmissä: laatikko-janakuvion perusteella huonokuuloisilla suurempaa hajontaa. Lisäksi ryhmien välillä tasoero (huonokuuloisilla matalammat arvot, heikompi synkronointi). Normaalikuuloisten arvot painottuvat asteikon yläpäähän, mutta vaihtelua esiintyy.
	Rytmin toistaminen	Imitoinnin tarkkuus (korrelaatio)	0–1	Ei raportoitu	Ei raportoitu	Yksilöllistä vaihtelua havaittavissa: laatikko-janakuvion ja pistekaavion perusteella melko suurta hajontaa; laatikko-janakuvion perusteella huonokuuloisilla suurempaa hajontaa ja matalammat arvot (heikompi imitointi) kuin normaalikuuloisilla.

Jackson ym., 1997	Rytmin toistaminen	Rytmin toiston tarkkuus (pisteet)	0–33	20,55 (vaihteluväli 6–33)	8,23	
Kalashnikova ym., 2021	Rytmin erottelu: sama–eri	Rytmin erottelun tarkkuus (oikeiden vastausten osuus)	%	Ei raportoitu	Ei raportoitu	Yksilöllistä vaihtelua havaittavissa molemmissa ryhmissä: viiden ensimmäisen trialin analyysissä riskiryhmä $M = 45,3$, $SD = 23,9$, ei-riskiryhmä $M = 57,7$, $SD = 20,7$. Laatikko-janakuvion perusteella molemmissa ryhmissä kohtalaista hajontaa, riskiryhmässä selvästi suurempaa hajontaa; lisäksi ryhmien välillä selkeä tasoero (riskiryhmällä matalammat arvot).
		Erotuskyky (d')	–	KR -0,137 TK 0,719	1,72 1,01	Huom. Suurempi d' :n arvo viittaa parempaan suoriutumiseen.
	Metronomin tahdissa naputus	Synkronoinnin epätarkkuus (ITI-poikkeama, log-muunneltu tarkkuusindeksi)	0–6	KR 2,52 TK 2,71	1,12 1,04	
		Synkronoinnin vaihtelu (ITI-erojen SD)	ms	Ei raportoitu	Ei raportoitu	Yksilöllistä vaihtelua havaittavissa molemmissa ryhmissä: laatikko-janakuvion perusteella riskiryhmällä selvästi suurempaa hajontaa ja korkeammat arvot (epätasaisempi naputus) kuin ei-riskiryhmällä.
Kertész & Honbolygó, 2023	Metronomin tahdissa naputus (80 bpm)	Synkronoinnin epätarkkuus	%	0,167	0,124	
		Synkronoinnin johdonmukaisuus (vektorin pituus R)	0–1	0,877	0,108	
	Naputtamisen jatkaminen hiljaisuudessa (80 bpm)	Tempon ylläpitäminen	0/1	Ei raportoitu	Ei raportoitu	Mittarin erottelukyky yksilötasolla on rajallinen; kaksijakoinen (0/1) muuttuja, jossa valtaosa lapsista saa arvon 0 (epäonnistuu), mikä viittaa

mahdolliseen lattiaefektiin, mutta epäonnistuminen oli kaikkein yleisintä tässä 80 bpm -tilanteessa.

	Metronomin tahdissa naputus (120 bpm)	Synkronoinnin epätarkkuus	%	0,091	0,058	
		Synkronoinnin johdonmukaisuus (vektorin pituus R)	0–1	0,859	0,106	
	Naputtamisen jatkaminen hiljaisuudessa (120 bpm)	Tempon ylläpitäminen	0/1	Ei raportoitu	Ei raportoitu	Mittarin erottelukyky yksilötasolla on rajallinen; kaksijakoinen (0/1) muuttuja, jossa valtaosa lapsista saa arvon 0 (epäonnistuu), mikä viittaa mahdolliseen lattiaefektiin.
	Metronomin tahdissa naputus (150 bpm)	Synkronoinnin epätarkkuus	%	0,065	0,038	
		Synkronoinnin johdonmukaisuus (vektorin pituus R)	0–1	0,779	0,177	
	Naputtamisen jatkaminen hiljaisuudessa (150 bpm)	Tempon ylläpitäminen	0/1	Ei raportoitu	Ei raportoitu	Mittarin erottelukyky yksilötasolla on rajallinen; kaksijakoinen (0/1) muuttuja, jossa valtaosa lapsista saa arvon 0 (epäonnistuu), mikä viittaa mahdolliseen lattiaefektiin.
	Spontaani motorinen tempo	Naputuksen tempo (ITI keskiarvo)	ms	114,68	38,31	
Lê ym., 2020	Metronomin tahdissa naputus ja hiljaisuudessa naputtamisen jatkaminen	Synkronoinnin tarkkuus (ITI-poikkeama)	ms	40 (vaihteluväli 3–144)	25	
		Synkronoinnin vaihtelu (ITI-erojen SD)	ms	72 (vaihteluväli 30–201)	33	

Moritz ym., 2012	Tempon/rytmin toistaminen (MAT)	Tietokoneen laskema tempon/rytmin kopioinnin epätarkkuus (poikkeama mallista)	%	Ei raportoitu	Ei raportoitu	Muuttuja on vinosti jakautunut virhemittari, josta esitetään vain mediaanit. Pistekaavioiden perusteella selkeää yksilöllistä vaihtelua. Mittari erottelee ryhmiä heikosti (pienehköt efektikoot). Mittari on tilastollisesti merkitsevästi yhteydessä lauseiden ja tavujen segmentointiin, mikä viittaa siihen, että se heijastaa yksilöllisiä eroja.*
		Ihmisen arvioima tempon/rytmin kopioinnin epätarkkuus (poikkeama mallista)	1–5	Ei raportoitu	Ei raportoitu	Muuttuja on vinosti jakautunut virhemittari, josta esitetään vain mediaanit. Pistekaavioiden perusteella kohtalaista yksilöllistä vaihtelua. Erottelee ryhmiä tempon osalta hyvin (Mann-Whitney-efektikoko $r = -.72$) koeryhmän (musiikkiluokka) suoriutuessa kontrolliryhmää paremmin.
	Rytmin erottelu: sama–eri	Rytmin erottelun tarkkuus (pisteet)	0–14	Ei raportoitu	Ei raportoitu	Pistekaavioiden perusteella kohtalaista yksilöllistä vaihtelua. Muuttujasta raportoidaan vain mediaanit, mikä rajoittaa yksilöllisen vaihteluna arviointia. Erottelee ryhmiä kohtalaisesti (Mann-Whitney-efektikoko $r = -.33$) koeryhmän (musiikkiluokka) suoriutuessa kontrolliryhmää paremmin.
Overy ym., 2003	Tempon toistaminen	Tempon toistamisen epätarkkuus (poikkeama mallista)	0–10	Ei raportoitu	Ei raportoitu	Pylväskuvion perusteella ryhmien keskiarvot ovat lähellä toisiaan (lukivaikeusryhmä n. 2–2,5; kontrolli n. 2,5), mikä viittaa heikkoon ryhmien erottelukykyyneen. Pylväskuvioiden perusteella yksilöllisen vaihtelun arviointi on rajallista.
	Rytmin toistaminen	Rytmin toistamisen tarkkuus (oikeiden vastausten osuus)	%	Ei raportoitu	Ei raportoitu	Pylväskuvion perusteella ryhmien keskiarvot ovat lähellä toisiaan (lukivaikeusryhmä n. 50–55 % ja kontrolli n. 55 %), mikä viittaa heikkoon ryhmien erottelukykyyneen. Pylväskuvioiden perusteella yksilöllisen vaihtelun arviointi on rajallista.
	Tempon/rytmin erottelu: sama–eri	Tempon/rytmin erottelun tarkkuus	%	Ei raportoitu	Ei raportoitu	Pylväskuvion perusteella suoriutuminen on molemmissa ryhmissä korkealla tasolla (n. 80–90

		(oikeiden vastausten osuus)				%), mikä viittaa mahdolliseen kattoefektiin ja rajoittaa mittarin kykyä erotella yksilöitä: ryhmien välinen ero vaikuttaa kuvion perusteella pieneltä. Pylväskuvioiden perusteella yksilöllisen vaihtelun arviointi on rajallista.
	Tahdin/rytmin tuottaminen	Naputtamisen tarkkuus	0–5	Ei raportoitu	Ei raportoitu	Pylväskuvion perusteella rytmin tuottamisessa ryhmien välillä on jonkin verran eroa (rytmin tuottamisessa kontrolliryhmällä korkeammat arvot), mikä viittaa kohtalaiseen ryhmien erottelukykyyn; tahdin tuottamisessa ryhmien välinen ero on sen sijaan pieni. Pylväskuvioiden perusteella yksilöllisen vaihtelun arviointi on rajallista.
Ozernov-Palchik ym., 2017	Rytmin erottelu: sama–eri	Rytmin erottelun tarkkuus (oikeiden vastausten osuus)	%	metriset 59,51 (vaihteluväli 10–90)	20,43	
				ei-metriset 59,14 (vaihteluväli 20–100)	18,32	
Rimmer ym., 2023	Tahdin havaitseminen (BAT, sovitettu)	Tahdin havaitsemisen tarkkuus (oikeiden vastausten osuus)	%	piippaus tahdissa 59 (vaihteluväli 10–90)	22	
				ei tahdissa 43 (vaihteluväli 0–90)	24	
Ríos-López ym., 2019	Tutkijan tahdissa rummutus	Synkronoinnin johdonmukaisuus	z	1. mittaus 1,69 (vaihteluväli 0–4,87)	1,38	Huom. Muuttuja perustuu vektorin pituuteen R (0–1), mutta raportoidut arvot ovat z-arvoja; suurempi arvo viittaa parempaan synkronointiin.
				2. mittaus 2,22	5,84	

Thomson & Goswami, 2008	Tempon erottelu: sama-eri	Tempon erottelun kynnys (ISI-ero)	ms	(vaihteluväli 0,25–21,57) KR 219,68 TK 217,72	5,80 5,38	Huom. Standardiärsykkeen ISI 210 ms.
	Metronomin tahdissa naputus (90 bpm) / hiljaisuudessa naputtamisen jatkaminen	Naputtamisen tarkkuus (ITI-poikkeama)	ms	KR 12,17 / 61,95 TK 5,63 / 54,96	18,34 / 55,83 4,20 / 49,17	
		Synkronoinnin vaihtelu (ITI-erojen SD)	ms	KR 59,32 / 73,66 TK 59,31 / 48,96	28,81 / 57,63 28,90 / 23,65	
		Naputusten ennakointiaika	ms	KR 96,11 TK 81,44	53,12 85,38	
	Metronomin tahdissa naputus (120 bpm) / hiljaisuudessa naputtamisen jatkaminen	Naputtamisen tarkkuus (ITI-poikkeama)	ms	KR 10,69 / 32,30 TK 4,58 / 31,08	12,95 / 26,19 5,22 / 20,76	
		Synkronoinnin vaihtelu (ITI-erojen SD)	ms	KR 54,79 / 40,95 TK 29,67 / 35,94	34,77 / 14,98 10,44 / 19,69	
		Naputusten ennakointiaika	ms	KR -38,92 TK -27,74	67,12 71,92	
	Metronomin tahdissa naputus (150 bpm) / hiljaisuudessa naputtamisen jatkaminen	Naputtamisen tarkkuus (ITI-poikkeama)	ms	KR 14,97 / 29,58 TK 4,16 / 25,67	22,90 / 26,58 6,46 / 31,19	

		Synkronoinnin vaihtelu (ITI-erojen SD)	ms	KR 45,94 / 44,50 TK 30,69 / 28,54	31,05 / 25,00 11,30 / 10,03	
		Naputusten ennakointiaika	ms	KR -4,69 TK -1,72	53,10 50,54	
Tierney ym., 2021	Rytmin toistaminen	Rytmin toistamisen tarkkuus (oikeiden vastausten osuus)	%	audio 76,8 video 63,8 audio ja video 76,3	8,4 5,7 10,6	
		Tempon virhe (poikkeama mallista)	%	audio 0,0098 video 0,125 audio ja video 0,096	0,024 0,036 0,028	
van Tilborg ym., 2021	Rytmin toistaminen	Rytmin toistamisen tarkkuus (pisteet)	0–10	KR 2,10 TK 7,33	2,47 3,17	
Wieland ym., 2015	Rytmin erottelu: sama-eri	Rytmin erottelun tarkkuus (d')	–	KR 1,23 TK 1,93	1,01 1,00	Huom. Suurempi d' :n arvo viittaa parempaan suoriutumiseen.

Huom. KR = kliininen ryhmä; TK = tyypillisesti kehittyneet lapset tai lapset, joilla ei ole samaa haastetta kuin kliinisellä ryhmällä; bpm = beats per minute; ms = millisekunti; ITI = inter-tap interval, kahden peräkkäisen naputuksen välinen aikaväli; ISI = inter-stimulus interval, kahden peräkkäisen ärsykkeen välinen aikaväli; M = keskiarvo; SD = keskihajonta; CV = variaatiokerroin; d' = d-prime, herkkyyssindeksi

BAASTA = Battery for the Assessment of Auditory Sensorimotor and Timing Abilities (Dalla Bella ym., 2016); BAT = Beat Alignment Test (Iversen & Patel, 2008); cBAT = complex Beat Alignment Test (Einarson & Trainor, 2016); MAT = Music Aptitude Test (Overy ym., 2003); MBEMA = Montreal Battery for Evaluating Music Abilities (Peretz ym., 2013)

* ks. taulukko 2

4 Pohdinta

Tässä systemoidussa kirjallisuuskatsauksessa tavoitteenani oli tarkastella, millaisia behavioraalisia ei-kielellisten rytmisten taitojen mittareita suhteessa kielellisiin taitoihin lasten tutkimuksessa on hyödynnetty. Lisäksi pyrin tarkastelemaan mittareiden erottelukykyä yksilö- ja ryhmätasolla siinä määrin kuin se aineiston pohjalta oli mahdollista. Katsauksen tulokset osoittavat, että lasten rytmisiä taitoja arvioidaan monipuolisesti erilaisilla tehtävätyypeillä ja ärsykkeillä. Näillä taidoilla on vahva, teoreettisesti perusteltu yhteys kielelliseen prosessointiin.

4.1 Käytetyt rytmitehtävät

Katsaukseen sisältyneissä tutkimuksissa käytettiin useita erityyppisiä rytmitehtäviä, jotka edellyttivät joko pelkkää tuottamista tai havaitsemista tai näitä molempia. Tehtävät voitiin luokitella tarkemmin sen mukaan, mitä rytmisen prosessoinnin osa-aluetta niiden ajatellaan arvioivan. Tuottamisen ja havaitsemisen jaottelun lisäksi tutkimuskirjallisuudessa on käytetty luokittelua 1) tehtäviin, jotka suoritetaan samanaikaisesti ulkoisen ärsykkeen ohjaamana (esim. sensomotorinen synkronointi) ja 2) tehtäviin, jotka vaativat rytmisen informaation ylläpitämistä muistissa (esim. rytmin ja tempon toistaminen ja erottelu). Osa mittareista asettuu näiden luokkien väliin: synkronointi–jatkuvuus-tehtävien voidaan tulkita kuuluvan molempiin luokkiin, ja spontaanin motorisen tempon mittaaminen perustuu puolestaan luontaiseen sisäiseen rytmiin ilman ulkoista ärsykettä tai muistin kuormitusta.

Suosituin osa-alue 4–11-vuotiaiden lasten tutkimuksessa on katsauksen perusteella sensomotorinen synkronointi (9/19 tutkimusta). Tehtävätyypin yleisyyttä saattavat selittää sekä käytännölliset että metodologiset tekijät. Ensinnäkin isokronisen ärsykkeen motorinen seuraaminen on lapsille luontevaa, se vaatii vain vähän kielellistä ohjeistusta ja soveltuu laajalle ikähaarukalle. On kuitenkin huomioitava, että 4–11 vuoden ikähaarukassa lasten motoriseen kontrolliin ja tarkkaavaisuuteen liittyvät toiminnot kehittyvät huomattavasti. Tämä voi tarkoittaa, että nuorimmilla lapsilla synkronointivaikeudet heijastavat herkemmin vielä kehitymässä olevaa motorista koordinaatiota, kun taas vanhemmilla lapsilla suoriutuminen kuvaa puhtaammin kognitiivisia kykyjä prosessoida rytmiä. Toinen suosiota mahdollisesti selittävä tekijä on, että sensomotorinen synkronointi mahdollistaa suoriutumisen erittäin tarkan, millisekuntitason arvioimisen (esim. Repp & Su, 2013). Teoreettisesti sen ajatellaan heijastavan aivojen neuraalisen tahdistumisen (engl. *neural entrainment*) tehokkuutta, mikä tekee siitä

kiinnostavan mittarin kielellisen prosessoinnin, kuten lukivaikeuden taustamekanismien tutkimuksessa (esim. Goswami, 2011). Sensomotorinen synkronointi ei ole passiivista ulkoiseen ärsykkeeseen reagoimista, vaan edellyttää, että tulevan ärsykkeen ajankohta kyetään ennustamaan ja motorista toimintaa säätelemään tämän ennusteen mukaisesti jatkuvaa auditiivista palautetta hyödyntämällä (Repp & Su, 2013).

Katsauksen perusteella myös auditiivis-motorista integraatiota mittaavat rytmin toistamistehtävät olivat tutkimuksissa yleisiä (8/19 tutkimusta). Niiden suosiota saattaa selittää se, että ne kuormittavat sensomotorista synkronointia enemmän hierarkkista ajallista jäsentämistä ja auditiivista lyhytkestoista muistia, mikä tekee niistä rakenteellisesti samankaltaisia kielellisen informaation kanssa. Toistamistehtävissä rytmi pitää ensin kuunnella, rakenne hahmottaa, pitää se mielessä auditiivisessa työmuistissa ja vasta sen jälkeen tuottaa se. Koska auditiivinen työmuisti vastaa myös kielellisen informaation käsittelystä, tämä prosessi muistuttaa läheisesti puheen ymmärtämistä, jossa kuultu puhesignaali on pidettävä mielessä laajempien kielellisten kokonaisuuksien, kuten lauseiden ymmärtämiseksi.

Osa rytmitehtävistä edellytti tarkkaa motorista ajoitusta, kuten naputusta metronomin tahtiin, jolloin suoriutumiseen saattoivat vaikuttaa motoriset taidot, ei pelkästään rytmisen prosessointi. Vastaavasti tehtävät, joissa vastaus annettiin valitsemalla vaihtoehto kuullun perusteella, kuormittivat vähemmän motoriikkaa ja heijastavat siten todennäköisemmin ensisijaisesti rytmin havaitsemiskykyä. Tehtävän vaatiman vasteen lisäksi myös käytetyt ärsykkeet vaihtelivat ja kuormittivat eri rytmisen prosessoinnin mekanismeja, mikä vaikeuttaa tulosten vertailua. Osassa tutkimuksista käytettiin yksinkertaisia isokronisia ärsykeitä, kuten metromia, joka mittaa lähinnä kykyä seurata tasaista peruspulssia. Toisissa tutkimuksissa puolestaan hyödynnettiin monimutkaisempia rytmisarjoja ja musiikkikatkelmia. Ne edustavat moniulotteisempaa rytmirakennetta, joka sisältää vaihtelevia painotuksia ja muistuttaa siten enemmän luonnollisen puheen rakennetta.

4.1.1 Rytmin ja kielen yhteydet

Sensomotorisen synkronoinnin tehtävät olivat yleisimpiä katsauksen tutkimuksissa. Tehtävien merkitystä kielelliselle prosessoinnille voidaan tarkastella TSF- ja DAT-teorioiden näkökulmasta. TSF:n mukaan kielellisten vaikeuksien, kuten lukivaikeuden, taustalla on aivojen neuraalisten oskillaatioiden puutteellinen tahdistuminen puhesignaaliin, mikä näkyy

käyttäytymisen tasolla vaikeutena synkronoida motorinen toiminta isokroniseen ärsykkeeseen. Tämä puolestaan kytkeytyy DAT-teorian oletukseen ulkoisesti ohjautuvasta ajallisesta tarkkaavaisuudesta, jossa säännölliset ulkoiset ärsykkeet tahdistavat kognitiivisia mekanismeja ja mahdollistavat tarkkaavaisuuden suuntaamisen tiettyihin odotettuihin ajanhetkiin. Katsauksen tulosten perusteella sensomotorinen synkronointikyky oli yhteydessä esimerkiksi fonologiseen tietoisuuteen ja lukutaitoon. Synkronoinnin puutteet heijastavat vaikeutta hahmottaa fonologisia yksiköitä ja segmentoida puhetta, mikä vaikuttaa luku- ja kirjoitustaidon kehitykseen.

Myös auditiivis-motorisen integraation tehtäviä hyödynnettiin runsaasti. Tämä tukee ajatusta auditiivisen ja motorisen järjestelmän tiiviistä vuorovaikutuksesta, jota kuvataan esimerkiksi ASAP-hypoteesissa sekä ASF-viitekehysessä. Nämä tehtävät edellyttävät sekä motorista tuottamista että auditiivisen informaation prosessointia. Aivojen motoriset alueet eivät vain tuota liikettä, vaan ne myös tekevät ennustuksia tulevasta auditiivisesta informaatiosta. ASF-viitekehysen mukaan auditiivinen järjestelmä on herkimmillään juuri sillä hetkellä, kun tärkeän akustisen informaation odotetaan saapuvan. Puheessa tämä näkyy järjestelmän herkistymisenä esimerkiksi tavurajojen ja painollisten tavujen kohdalla. Auditiivis-motorinen integraatiokyky heijastaa tätä motoristen ja auditiivisten mekanismien yhteistoimintaa. Mikäli lapsi suoriutuu heikosti auditiivis-motorisen integraation tehtävistä, hänellä saattaa olla vaikeuksia myös puheen ennustamisessa ja segmentoinnissa ja sitä kautta kielellisessä prosessoinnissa.

Tutkimuksissa esiintyi myös puhtaasti havaitsemiseen perustuvia mittareita, joiden yhteyksiä kieleen voidaan puolestaan selittää PATH-hypoteesin avulla. Auditiivisen järjestelmän millisekuntitason tarkkuus on pohjana sekä ei-kielellisen rytmin erottelulle että puheen nopeiden akustisten muutosten havaitsemiselle. Tämä ajallinen tarkkuus on olennaista esimerkiksi foneemien erottelun ja äänneiden keston tunnistamisen kannalta. PATH-hypoteesin näkökulmasta hyvätasoinen rytmin havaitseminen ei siten aina vaadi motorisen järjestelmän tukea, vaan auditiivisen järjestelmän ajoituksen tarkkuus on riittävä yhteinen perusta sekä rytmin erottelutehtäville että puheen akustisten piirteiden havaitsemiselle. Auditiivinen tarkkuus liittyy myös lukutaitoon ja sen kehitykseen, sillä lukemaan oppiminen edellyttää kykyä erottaa puheen foneemeja sekä tarkkaa fonologista prosessointia (Tierney & Kraus, 2014). Jos puhesignaalin nopeiden akustisten muutosten havaitsemisessa on puutteita, voi se johtaa epätarkkoihin foneemiedustumiin ja sitä kautta vaikeuksiin kirjain-äännevastaavuuden

ja lukutaidon kehittämisessä (Tierney & Kraus, 2014). Näin ollen puhtaasti havaitsemiseen perustuvat rytmimittarit voivat heijastaa niitä auditiivisia ja ajallisia mekanismeja, jotka ovat keskeisiä lukutaidon omaksumiselle.

On huomioitava, että katsauksen tutkimuksissa rytmisten taitojen yhteydet painottuivat vahvasti puhesignaalin mikrotason piirteisiin ja niitä hyödyntäviin kielellisiin osataitoihin, kuten fonologiseen tietoisuuteen ja lukemisen perusteisiin. Sen sijaan laajempien kielellisten rakenteiden, kuten puheen prosodian yhteyttä ei-kielelliseen rytmiin tutkittiin huomattavasti vähemmän, jos lainkaan. Tämä painotus heijastaa todennäköisemmin tutkimusten metodologisia valintoja kuin todellista neuraalisen yhteyden puutetta rytmisten taitojen ja laajempien kielellisten kokonaisuuksien välillä. TSF-teorian mukaan aivojen matalataajuiset delta-aallot (~ 1–3 Hz) synkronoituvat nimenomaan puheen prosodiseen tasoon ja theta-aallot (~ 4–8 Hz) puheen segmentointiin tavujen tasolla (Goswami, 2019). Koska useat katsauksen kokeelliset rytmitehtävät, kuten metronomitehtävät, toimivat behavioraalisella tasolla juuri näillä matalilla taajuuksilla, teorian tasolla ei-kielellisen rytmien prosessoinnin pitäisi siis olla yhteydessä myös puheen prosodiaan. Havaittu painotus fonologiaan voi selittyä sillä, että tutkimuksissa kielellisiksi mittareiksi oli valittu perinteisiä, muun muassa lukivaikeutta ennustavia sekä teknistä lukutaidon sujuvuutta mittaavia testejä, kun taas puheen laajempia ajallisia ja hierarkkisia rakenteita mitattiin harvoin.

Rytmisten ja kielellisten taitojen välisiä yhteyksiä havaittiin laajasti sekä rytmien tuottamisen että havaitsemisen mittareilla. Tämä tukee käsitystä siitä, että ei-kielellisellä rytmillä ja puheella on yhteisiä neuraalisia verkostoja. OPERA-hypoteesi selittää tämän kokonaisuuden: rytmien prosessointi edellyttää huomattavaa ajallista tarkkaavaisuutta sekä tarkkaavaisuuden suuntaamista, ja ne puolestaan vahvistavat samalla puheen prosessoinnissa tarvittavia auditiivisia ja motorisia mekanismeja. Havaitut laajat rytmien yhteydet kielellisiin taitoihin tukevat myös ARR-hypoteesin oletusta siitä, että epätyypillinen rytmien prosessointi on riskitekijä kehityksellisille puheen ja kielen vaikeuksille.

4.1.2 Rytmitehtävien erottelukyky

Mittareiden erottelukyvyn arviointi painottui yksilöiden väliseen vaihteluun, koska vain kuusi tutkimusta sisälsi ryhmävertailuja. Erottelukyvyn kannalta keskeisiksi tekijöiksi nousivat mitta-asteikko ja tehtävätyyppi. Jatkuviin aikamuuttujiin perustuvat mittarit, kuten synkronoinnin

tehtävissä käytetyt ajoituspoikkeamat, olivat erityisen herkkiä yksilölliselle vaihtelulle. Tällaiset mittarit tuottavat yksityiskohtaista tietoa suoriutumisen ajallisesta tarkkuudesta, joten ne voivat kuvata yksilöiden välisiä eroja esimerkiksi kategorisia mittareita tarkemmin. Tarkat mitta-asteikot myös parantavat tutkimusten tilastollista voimaa, koska ne vähentävät mittausvirhettä ja mittauksen taustakohinaa verrattuna karkeisiin mittareihin. Sensitiiviset mittarit auttavat havaitsemaan pieniäkin yksilöllisiä eroja ja todellisia yhteyksiä myös silloin, kun tutkimuksen otoskoko on pienehkö.

Ryhmätason vertailuja tarkasteltaessa useat mittarit erottelivat kliinisiä ja ei-kliinisiä ryhmiä, kuten lapsia, joilla on lukivaikeus, ja verrokkeja. Tämä tukee mittareiden käyttökelpoisuutta tutkimusasetelmissä, joissa tavoitteena on tunnistaa ryhmien välisiä eroja. Ryhmäerojen esiintyminen ei kuitenkaan tarkoita, että mittarin erottelukyky yksilötasolla olisi riittävä. Yksilöllisen vaihtelun arviointi edellyttää riittävän herkkää mitta-asteikkoa sekä hajontatietojen raportointia. Yksilöllisten erojen tavoittaminen on keskeistä, sillä rytmisen prosessoinnin taitojen ajatellaan muodostavan jatkumon, joka kytkeytyy kielellisen suoriutumisen ja taitotason vaihteluun. Mikäli mittari ei kykene osoittamaan yksilöiden välistä vaihtelua, sen kyky ennustaa kielellisiä taitoja tai tunnistaa lieviä, yksilöllisiä vaikeuksia heikkenee. Teoreettisesta näkökulmasta, esimerkiksi TSF-teorian valossa, yksilöllisen vaihtelun tunnistaminen auttaa ymmärtämään, miten hienovaraisetkin erot hermostollisessa toiminnassa, kuten neuraalisessa tahdistumisessa, heijastuvat kielen osataitoihin. Kliinisestä näkökulmasta se on edellytys sille, että mittaria voitaisiin tulevaisuudessa hyödyntää riskilasten yksilöllisen tuen tarpeen arvioinnissa.

Yhteenvetona mittarien erottelukyvystä voidaan todeta, että rytmitehtävien erottelukyvyn vaikuttavat tehtävätyyppi ja mittaustapa sekä se, millaisiksi muuttujiksi suoriutuminen muunnetaan. Arvioita mittareiden erottelukyvystä on syytä pitää vain suuntaa-antavina, sillä arviointia rajoitti muun muassa hajontatietojen puutteellinen raportointi. Tutkimusten ensisijainen tarkoitus ei ollut arvioida mittareiden metodologisia ominaisuuksia, joten kaikkia erottelukyvyn kannalta tärkeitä tietoja ei raportoitu. Erottelukyvyn arviointi perustui tässä katsauksessa osittain vain artikkelien kuvaajien epätarkkaan visuaaliseen arviointiin, mikä voi johtaa erottelukyvyn yli- tai aliarviointiin.

4.2 Katsauksen vahvuudet ja rajoitukset

Toteutin tutkimuksen systemoituna kirjallisuuskatsauksena. Katsaukseni vahvuuksiin lukeutuu aineiston haku useasta eri tietokannasta. Lisäksi määrittelin ja raportoin tarkasti aineiston sisäänotto- ja poissulkukriteerit ja kuvasin hakuprosessin. Katsaukseni kokoaa yhteen tutkimuskirjallisuutta ja tarjoaa kuvauksen siitä, millaisia rytmisiä taitoja eri tehtävät mittaavat ja miten nämä tehtävät ovat yhteydessä kielellisiin taitoihin. Katsauksen rajoitus on se, että kävin tutkimukset kriteerien perusteella läpi yksin. Oli esimerkiksi vaikeaa arvioida, oliko osa tutkimuksista tai niissä käytetyistä rytmitehtävistä liian musiikillisia. On myös mahdollista, että käyttämäni hakulauseke ei tavoittanut kaikkia tutkimuskysymysten kannalta olennaisia artikkeleita. Esimerkiksi morfosyntaksiin, leksikaalisiin taitoihin ja prosodiaan viittaavien sanojen lisääminen olisi voinut tuottaa enemmän hakutuloksia. Toisaalta hakusanat ”kieli”, ”lukeminen” ja ”puhe” kattavat kyseiset kielelliset taidot. Sen sijaan hakulausekkeeseen sisällytetty ”fonologia” on tutkimuskirjallisuudessa usein erillisenä tarkasteltu kielen prosessoinnin osa-alue, minkä vuoksi sen sisällyttäminen hakulausekkeeseen oli perusteltua.

Valtaosassa tutkimuksista otoskoko oli pieni, 75 tai vähemmän. Ei-kielellisten rytmitaitojen ja kielen välinen yhteys vaikuttaisi olevan ilmiönä hienovarainen, koska efektikoot olivat pääosin pieniä tai keskisuuria. Täten yhteyden luotettava havaitseminen vaatisi suurempia otoskokoja. Pienet otoskoot heikentävät tutkimusten tilastollista voimaa, jolloin hienovaraiset yhteydet voivat herkemmin jäädä havaitsematta. Tämä puolestaan heikentää tulosten yleistettävyyttä ja voi osaltaan lisätä tulosten hajanaisuutta sekä tehdä yksilöllisen vaihtelun luotettavasta arvioinnista haastavampaa. Lisäksi on huomioitava, että katsauksen tutkimukset perustuvat suurimmaksi osaksi poikkileikkausasetelmiin ja tilastollisiin korrelaatioihin tai regressiomalleihin. Havaitut tilastolliset yhteydet eivät siten osoita suoraa syy-seuraussuhdetta tai todista, että ei-kielelliset rytmitaidot aiheuttaisivat parempaa kielellistä suoriutumista. Taustalla voi sen sijaan vaikuttaa muita tekijöitä, kuten laaja ajallisen prosessoinnin järjestelmä, joka vaikuttaa itsenäisesti sekä rytmiseen että kielelliseen prosessointiin. Tämä on linjassa esimerkiksi OPERA-hypoteesin kanssa, joka korostaa ei-kielellisen rytmin ja puheen jakamia päällekkäisiä neuraalisia verkostoja.

4.3 Jatkotutkimusehdotukset

Katsauksen tulokset osoittavat, että behavioraalisten rytmimittareiden kehittäminen ja metodologinen yhtenäistäminen olisi jatkossa tärkeää. Valtaosa tutkimuksista hyödynsi

yksittäisiä tutkimusasetelmia varten suunniteltuja, standardoimattomia tehtäviä. Tulevaisuudessa tulisi keskittyä esimerkiksi mittareiden standardointiin sekä normatiivisen viiteaineiston keräämiseen. Tämä mahdollistaisi rytmitehtävissä suoriutumisen luotettavan suhteuttamisen ikä- ja kehitystasoon. Rytmisten taitojen ja kielellisten vaikeuksien välisen yhteyden syvemmän ymmärtämisen ja vertailukelpoisuuden vuoksi tulevissa tutkimuksissa tulisi raportoida systemaattisesti myös yksilöllistä vaihtelua kuvaavat tunnusluvut, kuten keskihajonnat ja variaatiokertoimet. Lisäksi uusien mittareiden kehitystyössä tulisi panostaa reliabiliteetin ja validiteetin määrittämiseen, jotta rytmitehtäviä voitaisiin tulevaisuudessa hyödyntää muun muassa kielellisten vaikeuksien tunnistamisessa.

Behavioraalisten rytmimittareiden kehittämisellä onkin huomattavia kliinisiä ja käytännön sovellusmahdollisuuksia. Koska ei-kielellisen rytmien prosessointi ja puhesignaalin ajallinen segmentointi jakavat samoja neuraalisia mekanismeja, rytmitaitojen arviointia voitaisiin hyödyntää kielellisten vaikeuksien, kuten lukivaikeusriskin, varhaisessa tunnistamisessa. Rytmitehtävät kuormittavat mahdollisimman vähän kielellistä suorituskkyä ja soveltuvat siten esimerkiksi esilukutaitoisille lapsille sekä lapsille, joilla on merkittäviä vaikeuksia kielellisissä taidoissa tai joiden puheentuotto on vähäistä. Lisäksi ne soveltuisivat moni- tai vähemmistökielisten lasten arviointiin, sillä kielelliset arviointimenetelmät voivat heijastaa kielellisten vaikeuksien sijaan vähäistä altistusta kyseiselle kielelle.

4.4 Yhteenveto

Tässä systemoidussa kirjallisuuskatsauksessa tarkoitukseni oli kartoittaa lapsilla käytettyjä behavioraalisia rytmisten taitojen mittareita suhteessa kielellisiin taitoihin sekä arvioida mittareiden erottelukykyä. Katsauksen perusteella lapsiin kohdistuvassa tutkimuksessa hyödynnetään monipuolisia, mutta enimmäkseen kokeellisia ja hajanaisia rytmitehtäviä, joista sensomotorisen synkronoinnin tehtävät ovat suosituimpia. Mittareiden erottelukyvyn tarkastelu osoitti, että jatkuviin aikamuuttujiin perustuvat mittarit havaitsevat yksilöllistä vaihtelua ja kliinisten ryhmien sisäisiä eroja herkemmin kuin karkeat, esimerkiksi kategoriset asteikot. Tulosten hajanaisuudesta ja tutkimusten pienehköistä otoskoista huolimatta jokaisessa katsauksen tutkimuksessa havaittiin jonkinasteisia yhteyksiä rytmisten ja kielellisten taitojen välillä. Kaiken kaikkiaan nämä yhteydet tukevat käsitystä yhteisistä neuraalisista ja kognitiivisista taustamekanismeista. Ilmiön entistä tarkempi ymmärtäminen edellyttää kuitenkin metodologisesti yhtenäisempiä tutkimusasetelmia.

Lähteet

Katsaukseen sisällytetyt artikkelit merkitty *-merkillä.

- * Bonacina, S., Krizman, J., White-Schwoch, T., & Kraus, N. (2018). Clapping in time parallels literacy and calls upon overlapping neural mechanisms in early readers. *Annals of the New York Academy of Sciences*, *1423*(1), 338–348. <https://doi.org/10.1111/nyas.13704>
- * Bonacina, S., Krizman, J., White-Schwoch, T., Nicol, T., & Kraus, N. (2020). Distinct rhythmic abilities align with phonological awareness and rapid naming in school-age children. *Cognitive Processing*, *21*(4), 575–581. <https://doi.org/10.1007/s10339-020-00984-6>
- Dalla Bella, S., Farrugia, N., Benoit, C., Begel, V., Verga, L., Harding, E., & Kotz, S. A. (2016). BAASTA: Battery for the assessment of auditory sensorimotor and timing abilities. *Behavior Research Methods*, *49*(3), 1128–1145. <https://doi.org/10.3758/s13428-016-0773-6>
- Damsma, A., Cannon, J., Fink, L. K., Doelling, K. B., Grahn, J. A., Honing, H., Kaplan, T., Large, E. W., & Bouwer, F. L. (2025). Computational modeling of rhythmic expectations: Perspectives, pitfalls, and prospects. *PLoS Computational Biology*, *21*(12), e1013798. <https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1013798>
- Desbernats, A., Martin, E., & Tallet, J. (2023). Which factors modulate spontaneous motor tempo? A systematic review of the literature. *Frontiers in Psychology*, *14*, 1161052. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1161052>
- * Drakoulaki, K., Anagnostopoulou, C., Guasti, M. T., Mikros, G., Tillmann, B., & Varlokosta, S. (2025). Unveiling predictors of beat perception and rhythm discrimination in typically developing preschoolers. *Music & Science*, *8*. <https://doi.org/10.1177/20592043251383292>
- Einarson, K. M., & Trainor, L. J. (2016). Hearing the beat: Young children's perceptual sensitivity to beat alignment varies according to metric structure. *Music Perception*, *34*(1), 56–70. <https://doi.org/10.1525/mp.2016.34.1.56>

- Fiveash, A., Bedoin, N., Gordon, R. L., & Tillmann, B. (2021). Processing rhythm in speech and music: Shared mechanisms and implications for developmental speech and language disorders. *Neuropsychology*, 35(8), 771–791. <https://doi.org/10.1037/neu0000766>
- Fiveash, A., Bella, S. D., Bigand, E., Gordon, R. L., & Tillmann, B. (2022). You got rhythm, or more: The multidimensionality of rhythmic abilities. *Attention Perception & Psychophysics*, 84(4), 1370–1392. <https://doi.org/10.3758/s13414-022-02487-2>
- * Flaugnacco, E., Lopez, L., Terribili, C., Zoia, S., Buda, S., Tilli, S., Monasta, L., Montico, M., Sila, A., Ronfani, L., & Schön, D. (2014). Rhythm perception and production predict reading abilities in developmental dyslexia. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8, 392. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00392>
- * González-Trujillo, M. C., Defior, S., & Gutiérrez-Palma, N. (2014). The role of nonspeech rhythm in Spanish word reading. *Journal of Research in Reading*, 37(3), 316–330. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9817.2012.01529.x>
- Goswami, U. (2011). A temporal sampling framework for developmental dyslexia. *Trends in Cognitive Sciences*, 15(1), 3–10. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2010.10.001>
- Goswami, U., Cumming, R., Chait, M., Huss, M., Mead, N., Wilson, A. M., Barnes L., & Fosker, T. (2016). Perception of filtered speech by children with Developmental Dyslexia and children with Specific Language Impairments. *Frontiers in Psychology*, 7, 791. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.00791>
- Goswami, U. (2019). Speech rhythm and language acquisition: an amplitude modulation phase hierarchy perspective. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1453(1), 67–78. <https://doi.org/10.1111/nyas.14137>
- Grahn, J. A., & Brett, M. (2007). Rhythm and beat perception in motor areas of the brain. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 19(5), 893–906. <https://doi.org/10.1162/jocn.2007.19.5.893>
- Grahn, J. A. (2012). Neural mechanisms of rhythm perception: current findings and future perspectives. *Topics in Cognitive Science*, 4(4), 585–606. <https://doi.org/10.1111/j.1756-8765.2012.01213.x>

- Gutiérrez-Palma, N., Calet, N., Robles-Bello, M. A., & Valencia-Naranjo, N. (2025). The role of rhythm in learning to read in children with and without reading difficulties: an intervention study. *Learning and Instruction, 102*, 102273. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2025.102273>
- * Hidalgo, C., Zécari, A., Pesnot-Lerousseau, J., Truy, E., Roman, S., Falk, S., Bella, S. D., & Schön, D. (2020). Rhythmic abilities of children with hearing loss. *Ear And Hearing, 42*(2), 364–372. <https://doi.org/10.1097/aud.0000000000000926>
- Hildebrandt, A., Griessbach, E., & Cañal-Bruland, R. (2022). Auditory perception dominates in motor rhythm reproduction. *Perception, 51*(6), 403–416. <https://doi.org/10.1177/03010066221093604>
- Iversen, J. R., & Patel, A. D. (2008). The Beat Alignment Test (BAT): Surveying beat processing abilities in the general population. Teoksessa K. Miyazaki, M. Adachi, Y. Hiraga, Y. Nakajima, & M. Tsuzaki (toim.), *Proceedings of the 10th International Conference on Music Perception and Cognition* (s. 465–468). Causal Productions.
- * Jackson, S. A., Treharne, D. A., & Boucher, J. (1997). Rhythm and language in children with moderate learning difficulties. *International Journal of Language & Communication Disorders, 32*(1), 99–108. <https://doi.org/10.3109/13682829709021463>
- Jones, M. R. (1976). Time, our lost dimension: Toward a new theory of perception, attention, and memory. *Psychological Review, 83*(5), 323–355. <https://doi.org/10.1037/0033-295x.83.5.323>
- * Kalashnikova, M., Burnham, D., & Goswami, U. (2021). Rhythm discrimination and metronome tapping in 4-year-old children at risk for developmental dyslexia. *Cognitive Development, 60*, 101129. <https://doi.org/10.1016/j.cogdev.2021.101129>
- * Kertész, C., & Honbolygó, F. (2023). First school year tapping predicts children’s third-grade literacy skills. *Scientific Reports, 13*(1), 2298. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-29367-5>
- Kim, D., Bolbecker, A. R., Moussa-Tooks, A. B., Wisner, K. M., O’Donnell, B. F., Gildea, E. L., & Hetrick, W. P. (2025). Distinct neural signatures in a sensorimotor

synchronization-continuation task. *Imaging Neuroscience*, 4.
<https://doi.org/10.1162/imag.a.1100>

Ladányi, E., Persici, V., Fiveash, A., Tillmann, B., & Gordon, R. L. (2020). Is atypical rhythm a risk factor for developmental speech and language disorders? *Wiley Interdisciplinary Reviews Cognitive Science*, 11(5), e1528. <https://doi.org/10.1002/wcs.1528>

* Lê, M., Quémart, P., Potocki, A., Gimenes, M., Chesnet, D., & Lambert, E. (2020). Rhythm in the blood: The influence of rhythm skills on literacy development in third graders. *Journal of Experimental Child Psychology*, 198, 104880. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2020.104880>

McAuley, J. D. (2010). Tempo and rhythm. Teoksessa M. Riess Jones, R. Fay, & A. Popper (toim.), *Music Perception* (s. 165–199). Springer Publishing Company. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-6114-3_6

Minors, D., & Waterhouse, J. (1981). Chapter 1 – Introduction and methods of study. Teoksessa *Circadian Rhythms and the Human* (s. 1–23). Butterworth-Heinemann. <https://doi.org/10.1016/b978-0-7236-0592-8.50007-7>

Morillon, B., Hackett, T. A., Kajikawa, Y., & Schroeder, C. E. (2015). Predictive motor control of sensory dynamics in auditory active sensing. *Current Opinion in Neurobiology*, 31, 230–238. <https://doi.org/10.1016/j.conb.2014.12.005>

* Moritz, C., Yampolsky, S., Papadelis, G., Thomson, J., & Wolf, M. (2012). Links between early rhythm skills, musical training, and phonological awareness. *Reading and Writing*, 26(5), 739–769. <https://doi.org/10.1007/s11145-012-9389-0>

* Overy, K., Nicolson, R. I., Fawcett, A. J., & Clarke, E. F. (2003). Dyslexia and music: measuring musical timing skills. *Dyslexia*, 9(1), 18–36. <https://doi.org/10.1002/dys.233>

* Ozernov-Palchik, O., Wolf, M., & Patel, A. D. (2017). Relationships between early literacy and nonlinguistic rhythmic processes in kindergarteners. *Journal of Experimental Child Psychology*, 167, 354–368. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2017.11.009>

- Patel, A. D. (2011). Why would musical training benefit the neural encoding of speech? The OPERA hypothesis. *Frontiers in Psychology*, 2, 142. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2011.00142>
- Patel, A. D., & Iversen, J. R. (2014). The evolutionary neuroscience of musical beat perception: the Action Simulation for Auditory Prediction (ASAP) hypothesis. *Frontiers in Systems Neuroscience*, 8, 57. <https://doi.org/10.3389/fnsys.2014.00057>
- Peretz, I., Gosselin, N., Nan, Y., Caron-Caplette, E., Trehub, S. E., & Béland, R. (2013). A novel tool for evaluating children's musical abilities across age and culture. *Frontiers in Systems Neuroscience*, 7, 30. <https://doi.org/10.3389/fnsys.2013.00030>
- Repp, B. H., & Su, Y. (2013). Sensorimotor synchronization: A review of recent research (2006–2012). *Psychonomic Bulletin & Review*, 20(3), 403–452. <https://doi.org/10.3758/s13423-012-0371-2>
- * Rimmer, C., Dahary, H., & Quintin, E. (2023). Links between musical beat perception and phonological skills for autistic children. *Child Neuropsychology*, 30(3), 361–380. <https://doi.org/10.1080/09297049.2023.2202902>
- * Ríos-López, P., Molinaro, N., & Lallier, M. (2019). Tapping to a beat in synchrony predicts brain print sensitivity in pre-readers. *Brain and Language*, 199, 104693. <https://doi.org/10.1016/j.bandl.2019.104693>
- Smith, R., Rathcke, T., Cummins, F., Overy, K., & Scott, S. (2014). Communicative rhythms in brain and behaviour. *Philosophical Transactions of the Royal Society B Biological Sciences*, 369(1658), 20130389. <https://doi.org/10.1098/rstb.2013.0389>
- * Thomson, J. M., & Goswami, U. (2008). Rhythmic processing in children with developmental dyslexia: Auditory and motor rhythms link to reading and spelling. *Journal of Physiology-Paris*, 102(1–3), 120–129. <https://doi.org/10.1016/j.jphysparis.2008.03.007>
- * Tierney, A., Gomez, J. C., Fedele, O., & Kirkham, N. Z. (2021). Reading ability in children relates to rhythm perception across modalities. *Journal of Experimental Child Psychology*, 210, 105196. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2021.105196>

- Tierney, A., & Kraus, N. (2014). Auditory-motor entrainment and phonological skills: precise auditory timing hypothesis (PATH). *Frontiers in Human Neuroscience*, 8, 949. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00949>
- * van Tilborg, A., Segers, E., van Balkom, H., & Verhoeven, L. (2014). Predictors of early literacy skills in children with intellectual disabilities: A clinical perspective. *Research in Developmental Disabilities*, 35(7), 1674–1685. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2014.03.025>
- Trainor, L. J., & Corrigall, K. A. (2010). Music acquisition and effects of musical experience. Teoksessa M. Riess Jones, R. Fay, & A. Popper (toim.), *Music perception* (s. 89–127). Springer Publishing Company. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-6114-3_4
- * Wieland, E. A., McAuley, J. D., Dilley, L. C., & Chang, S. (2015). Evidence for a rhythm perception deficit in children who stutter. *Brain and Language*, 144, 26–34. <https://doi.org/10.1016/j.bandl.2015.03.008>
- Zhang, L., Shu, H., Zhou, F., Wang, X., & Li, P. (2010). Common and distinct neural substrates for the perception of speech rhythm and intonation. *Human Brain Mapping*, 31(7), 1106–1116. <https://doi.org/10.1002/hbm.20922>