

The Mechanisms of Instrumental Music Playing in Preserving Cognitive Function in Adulthood

Khadijah Almuthii'ah^{1*}, Aldhiya Azmy Bayanaka¹, Artu Alycia Laksmi Dewi¹, Dinda Zahra Putri², Mohammad Saddam², Herpan Syafii Harahap³, Briliansy³

¹Medical Education Study Program, Faculty of Medicine and Health Science, Univeristy of Mataram, Mataram, Indonesia;

²Neurological Residency, Medical Education Study Program, Faculty of Medicine and Health Science, Univeristy of Mataram, Mataram, Indonesia;

³Departemen of Neurology, Faculty of Medicine and Health Science, University of Mataram, Mataram, Indonesia;

Article History

Received : November 08th,2025

Revised : December 17th,2025

Accepted : Decenber 21th,2025

*Corresponding Author:

Penulis Khadijah

Almuthii'ah, Medical

Education Study Program,

Faculty of Medicine and

Health Science, Univeristy of

Mataram, Mataram, Indonesia;

Email:

kalmuthiiiah@gmail.com

Abstract: Adulthood is divided into three stages: young adulthood, middle adulthood, and older adulthood. Middle adulthood (40-65 years) is the phase where the balance between growth and neurocognitive development begins. In this phase, prevention of cognitive decline is necessary by strengthening cognitive reserves through brain stimulation through musical activities. This study used a literature review method. In this article, we conducted a search using electronic databases such as PubMed, Google Scholar, ScienceDirect, ResearchGate, and the National Institute of Health (NIH). The review found that playing music can increase dopamine in the reward system and inhibit the hypothalamic-pituitary-adrenal (HPA) axis, which can improve motivation, attention, memory, and learning processes, thus strengthening cognitive function. Findings from Balinese gamelan and flute players indicate increased alpha and beta brainwave activity, which stimulate executive function, memory, and motivation. Therefore, playing traditional Indonesian music has the potential to improve cognitive abilities as a form of prevention of neurodegenerative disorders in adulthood. It was recommended that playing music in middle adulthood will improve cognitive function by playing traditional music.

Keywords: Cognitive reserve, middle adulthood, neurogenerative disease, traditional music.

Pendahuluan

Musik adalah susunan nada atau suara yang diatur dalam variasi urutan tempo tertentu (Zaatar et al., 2024). Mendengarkan musik, khususnya dalam bentuk instrumental dapat memberikan efek psikologis, seperti perubahan suasana hati, rasa relaksasi dan motivasi yang dapat membuat menurunkan stress dan meningkatkan fungsi otak. Selain itu, musik dapat memperkuat koneksi saraf di otak sehingga *cognitive reseverve* tetap terjaga (Idarianty et al., 2025)

Cognitive reserve adalah kemampuan otak untuk mempertahankan fungsi kognitifnya. *Cognitive reserve* terbentuk dari adanya proses adaptasi selama hidup, seperti penguatan memori dan aktivitas pembelajaran (Verkhatsky & Zorec, 2024). Selain itu *Cognitive reserve* juga

dipengaruhi oleh *Brain Derived Neurotrophic Factor* (BDNF) yang dapat membentuk dan menata ulang jaringan saraf, serta memiliki neuroplastisitas yang lebih tinggi sehingga mampu mempertahankan fungsi kognitif melalui aktivitas seperti bermain music (Pappalettera et al., 2024). Seiring bertambahnya usia pada Adulthood mengalami penurunan kemampuan fuida yang menghambat kognitif pada fungsi eksekutif (Rodriguez-Gomez & Talero-Gutiérrez, 2022).

Adulthood digolongkan menjadi tiga tahap utama, yaitu *young adulthood* (20-40 tahun), *middle adulthood* (40-65 tahun), dan *older adulthood* (65 tahun ke atas). Pada beberapa penelitian *middle adult* merupakan massa dimana seseorang menyeimbangkan antara *growth* dan *decline*, serta mengalami berbagai perubahan baik secara sentral (struktur dan fungsi otak)

maupun perifer (interaksi sosial, lingkungan dan aktivitas fisik) akibatnya memengaruhi lintasan kognitif dan kesehatan otak (Lachman et al., 2014; Dohm-Hansen et al., 2024). Pada tahun 2019, sekitar 57,4 juta orang di dunia mengalami penurunan kognitif akibat penyakit neurodegeneratif dan jumlah ini terutama pada kelompok usia di atas 50 tahun. Pada tahun 2023, 11,75% lansia di Indonesia mengalami penurunan kognitif dan akan terus bertambah seiring meningkatnya populasi lansia (Asri et al., 2024).

Penurunan fungsi kognitif disebabkan oleh banyak hal, salah satunya penuaan. Penuaan dapat menyebabkan penurunan volume *gray matter*, serta perubahan pada lobus parietal dan frontal (Gonzales et al., 2022). Penurunan fungsi kognitif ini dapat diperlambat melalui peningkatan informasi dari berbagai stimulus eksternal yang akan disimpan dalam cadangan kognitif (*Cognitive reserve*) dengan bermain musik (Verkhatsky & Zorec, 2024).

Bermain musik, khususnya pada orang dewasa dalam beberapa penelitian, memperlihatkan fungsi kognitif yang lebih baik dalam memori jangka pendek (*working memory*) yang penting dalam kontrol dan keterampilan, serta episodik yang penting dalam pengawasan, memori, dan pemrosesan informasi dalam pengambilan keputusan. *Music-evoked autobiographical memories* (MEAMs) adalah sebutan untuk memori yang terbentuk saat mendengarkan musik yang merangsang aktivasi memori jangka panjang. Salah satunya, alat musik tradisional Indonesia berjenis ansambel memiliki dampak bagi perkembangan fungsi kognitif peningkatan *cognitive reserve* (Schneider et al., 2019).

Tinjauan pustaka ini bertujuan untuk menganalisis mekanisme neurologis bermain musik dengan pengaruh fungsi kognitif pada dewasa. Tinjauan pustaka ini akan menjelaskan potensi bermain musik dalam neuroplastisitas sehingga musik dapat meningkatkan kemampuan fungsi kognitif. Penelitian ini spesifik ke musik tradisional Indonesia dikarenakan dapat menjadi salah satu fungsi terapi musik dan rehabilitasi yang efektif pada fungsi kognitif dewasa.

Bahan dan Metode

Pencarian literatur dilakukan dengan menelusuri berbagai *database* elektronik, seperti *PubMed*, *Google Scholar*, *ScienceDirect*, *ResearchGate*, dan *National Institute of Health*

(NIH). Penelusuran literatur dilakukan dengan menggunakan kata, yaitu: "*Traditional music*", "*Playing music*", "*Prevalence*", "*Neurodegenerative Disease*", "*Indonesia*", "*World*", "*Adulthood*", "*Cognitive reserve*", "*Neuroplasticity*", "*Limbic system*", "*Emotion*", "*Effect of Sound*", "*Sensorimotor integration*", "*Working memory*", "*Executive function*", "*Frequency*". Artikel kemudian diseleksi dengan menerapkan kriteria inklusi meliputi mekanisme fisiologis musik tradisional terhadap kemampuan kognitif untuk mengidentifikasi potensi musik tradisional dalam meningkatkan kemampuan kognitif pada lansia.

Hasil dan Pembahasan

Memainkan Alat Musik Sebagai Latihan Integrasi Sensorimotor

Integrasi sensorimotor adalah kemampuan otak untuk memproses semua sinyal sensorik (input) dari lingkungan sehingga menghasilkan respon motorik (output) yang terkoordinasi. Sinyal yang diterima dapat berupa sinyal taktil, proprioseptif dan vestibular (Rusmawati et al., 2022). Saat memainkan alat musik, sensori taktil berperan pada saat seperti menekan *tuts* yang akan memberikan informasi sensorik berupa tekanan dan sentuhan. Pergerakan tangan atau anggota tubuh secara sadar ini didapatkan dari sinyal proprioseptif, yaitu otot-otot pada tubuh. Suara yang muncul dari sentuhan dan penekanan *tuts* alat musik tersebut akan memberikan informasi pada sensori vestibular (Guyton & Hall, 2021).

Musik yang terdengar akan dikonversi menjadi impuls listrik di koklea melalui mekanisme tonotopik yang memetakan variasi frekuensi suara. Informasi yang telah diperoleh akan diteruskan ke *auditory brainstem*, yaitu kompleks olivarius superior dan kolikulus inferior menuju talamus melalui *ventral geniculate body* ke korteks auditori primer. Korteks auditori primer atau jalur lemniskal menerima berbagai sinyal untuk mencapai segmentasi suara, pemrosesan sintaksis dan integrasi multisensori. Musik akan diproses dan disebar ke beberapa bagian. (1) Pemrosesan nada (*Pitch* dan melodi) akan diproses di wilayah kortikal lateral serta melalui jalur auditori anterior dan posterior. Aktivitas ini memungkinkan otak untuk mengintegrasikan sinyal yang diproses menjadi melodi yang berurutan dalam waktu. (2) Pemrosesan irama terletak di serebelum, basal

ganglia, korteks premotor, dan area motorik supplemental (Zaatar et al., 2024b).

Pemrosesan irama pada ketukan mengaktivasi sistem motorik yang tersinkronisasi untuk melakukan perencanaan dan eksekusi (Zaatar et al., 2024). Korteks premotor berfungsi dalam perencanaan dan penyusunan urutan gerakan kompleks, seperti memetik gitar menggunakan jari, menekan seruling, dan menepuk gendang. Selanjutnya, eksekusi perintah gerakan tersebut akan dilakukan oleh korteks motorik primer. Serebelum akan memperhalus dan menyesuaikan gerakan antar jari, tangan, dan lengan sesuai ritme yang didengar (Zaatar et al., 2024; Guyton & Hall, 2021).

Penguatan Fungsi Eksekutif dan Memori Kerja melalui Praktik Bermusik

Fungsi eksekutif berfungsi dalam menganalisis dengan cermat yang mencakup kemampuan kognitif tingkat tinggi, khususnya keterlibatan korteks prefrontal (Olszewska et al., 2021; Lu et al., 2025). Pada penelitian ditemukan bahwa daerah posterior dan subkortikal berperan dalam fungsi ini (Cristofori et al., 2019). Bermain musik dapat meningkatkan perkembangan fungsi eksekutif, seperti meningkatnya fungsi kontrol motorik (Bayanova et al., 2024), meningkatkan kontrol inhibitori, memori kerja dan fleksibilitas kognitif (Rodriguez-Gomez & Talero-Gutiérrez, 2022).

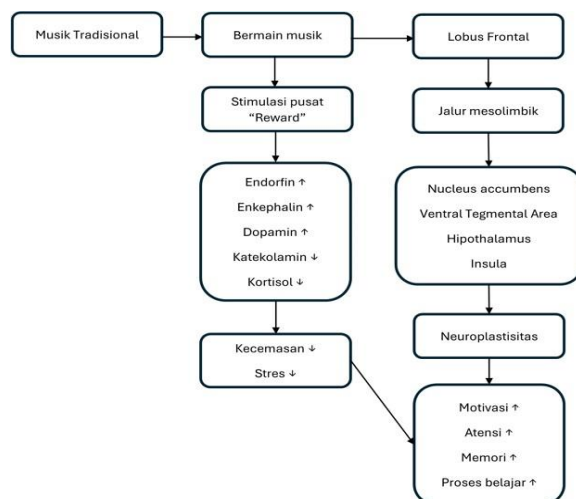
Fleksibilitas kognitif dari fungsi eksekutif di korteks frontalis, terdapat aktivasi korteks prefrontal saat bermain musik seperti kegiatan task switching menunjukkan kinerja yang lebih baik pada memori kerja dikarenakan kontrol fungsi kognitif yang lebih tinggi (Zuk et al., 2018). Keterampilan bermain musik juga mengandalkan sinkronisasi otak dalam menentukan persepsi notasi musik, koneksi visual, frekuensi (nada) dan ritmik (Provorova & Kulikova, 2024).

Fungsi eksekutif lainnya seperti kontrol inhibitorik pada dasarnya berguna untuk menekan respon impulsif (Tanaka & Kirino, 2019). dengan menggunakan fMRI, didapatkan hasil berupa bermain musik dalam jangka waktu yang panjang dapat memperkuat konektivitas antara korteks prefrontal dan striatum sebagai kunci kontrol inhibitorik dan fungsi eksekutif pengambilan keputusan. Secara keseluruhan, bermain musik yang konsisten berkorelasi penting dalam peningkatan fungsi eksekutif

seseorang dan mempertahankan fungsi kognitif seseorang.

Peran Sistem Limbik dan Motivasi dalam Menunjang Neuroplastisitas Jangka Panjang

Musik merupakan kumpulan melodi, ritme, dan chord yang dapat memunculkan emosi seseorang melalui sistem limbik. Seseorang yang memainkan alat musik, seperti musisi memiliki risiko terkena penyakit neurodegeneratif seperti demensia lebih rendah 39% dan musisi yang sudah tua memiliki kemampuan *working memory* yang lebih baik dibandingkan non-musisi yang sudah tua. Hal ini dapat terjadi karena dipengaruhi neuroplastisitas (Laksmidewi & Dewi, 2021; Chatterjee et al., 2021; Zaatar et al., 2024; Wolff et al., 2023).



Gambar 1. Skema neuroendokrin sistem reward dan jalur mesolimbik

Neuroplastisitas merupakan kemampuan sistem saraf untuk membentuk struktur, fungsi, dan koneksi terhadap stimulus eksternal dan internal. Hal ini dapat terjadi karena struktur otak akan beradaptasi ketika seseorang berlatih bermain musik terhadap *neurotransmitter* yang dilepaskan dapat meningkatkan perhatian, memori, kemampuan berbahasa, dan konsentrasi pada seseorang (Chatterjee et al., 2021; Santana et al., 2025; Zaatar et al., 2024).

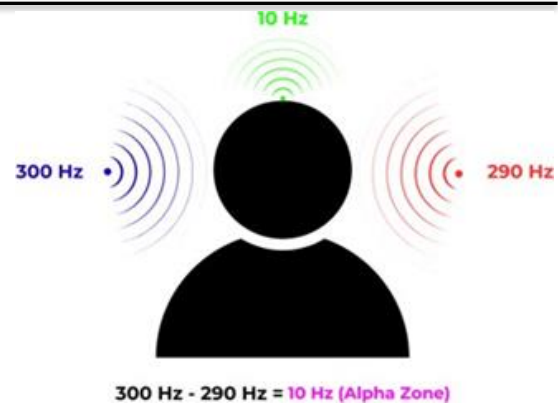
Neuroplastisitas terjadi karena perubahan aktivitas sinapsis antara dua neuron yang terjadi melalui mekanisme *long-term potentiation* (LTP) melibatkan N-methyle-D-Aspartat (NMDA). Hal ini, dapat memperkuat sirkuit neuron yang membentuk jalur neuron baru ketika seseorang mendengar musik dengan volume 60 dB sehingga meningkatkan kemampuan belajar dan pembentukan memori pada hippocampus.

Neuroplastisitas dibuktikan dengan ditemukannya corpus callosum pada musisi lebih besar daripada non-musisi yang menjadikan bahwa musik sebagai agen multisensoris dapat membuat perubahan bentuk morfologi otak, reaksi sinapsis, dan struktur neuron (Chatterjee et al., 2021; Zaatar et al., 2024).

Neuroplastisitas juga dapat dipengaruhi oleh jalur mesolimbik yang melibatkan sistem dopaminergik terdiri dari ventral tegmental area (VTA), ventral striatum, terutama pada *nucleus accumbens* (NAc), insula, dan hipotalamus. VTA akan memproyeksikan atau memberi impuls terhadap Nac yang mengeluarkan enkephalin, endorfin, dan terutama dopamin sebagai efek *reward*. Secara simultan dapat mencegah pelepasan berlebih kortikosteroid, katekolamin dan menekan reaksi axis hipotalamus-pituitary-adrenal (HPA axis) yang melepaskan hormon kortisol sebagai reaksi stres yang dapat berdampak buruk terhadap hippocampus, kompleks amygdaloid, dan lobus frontal termasuk orbitofrontal. Dopamin, enkephalin, dan endorfin yang dilepaskan dapat menciptakan respon hedonik yang meningkatkan motivasi, atensi, memori, proses belajar yang hasilnya dapat membentuk *Cognitive Reserve* seseorang (Laksmidewi & Dewi, 2021; Chatterjee et al., 2021; Ferreri et al., 2019; Santana et al., 2025; Zaatar et al., 2024; Wolff et al., 2023).

Keunikan Stimulus Neurologis dari Instrumen Tradisional Indonesia

Manusia dapat mendengarkan suara pada rentang 20 – 20.000 Hz dengan volume yang direkomendasikan untuk terapi pada rentang 40 – 60 dB. Musik dengan frekuensi di atas 40 Hz dapat merangsang fungsi kognitif seseorang. Ketika seseorang mendengarkan frekuensi akustik musik melalui *earphone* sebagai satu frekuensi, dia dapat mendengar frekuensi yang berbeda di setiap telinga kemudian otak akan merasakan selisih frekuensi yang didengar sehingga akan merasakan frekuensi yang rendah. Contohnya saat mendengar frekuensi 300 Hz melalui *earphone* kanan sedangkan mendengar frekuensi 290 Hz melalui *earphone* kiri maka ketukan binaural yang dirasakan oleh otak adalah 10 Hz. Ketukan binaural yang melebihi 40 Hz, otak tidak akan menggabungkan kedua nada yang didengar. Ketukan binaural yang terbentuk akan membuat otak menyesuaikan dari gelombangnya (Santana et al., 2025).



Gambar 2. Ketukan binaural

Tabel 1. Frekuensi gelombang otak dan kondisi yang berhubungan (Santana et al., 2025)

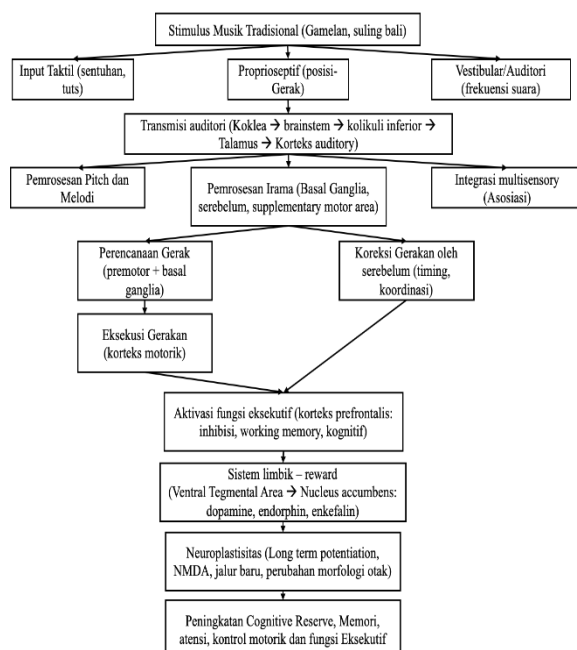
Gelombang	Frekuensi	Berhubungan dengan
<i>Delta</i>	≤ 3	Tidur yang mendalam dan Healing
<i>Theta</i>	3.5 – 7.5	Relaksasi yang mendalam, meditasi dan kreativitas
<i>Alpha</i>	7.5 – 13	Fokus rileks, mengurangi stres, berpikir positif, dan pembelajaran cepat
<i>Beta</i>	≥ 14	Fokus dengan atensi, pemikiran kognitif, penyelesaian masalah dan aktif

Tempo dan ritme musik juga dapat berpengaruh dalam frekuensi napas dan denyut nadi seseorang. Pada terapi musik digunakan tempo dengan ketukan 60 – 80 kali per menit. Lagu dengan judul “*Hero*” dan “*Morning Happiness*” menggunakan suling Bali dari bambu dan memiliki tempo ketukan 70 dan 90 per menit yang disesuaikan dengan detak jantung dan frekuensi napas seseorang sehingga efektif untuk mengurangi kecemasan. (Laksmidewi & Dewi, 2021). Alat musik gamelan Bali memiliki ritme yang kompleks dan pola berulang. Ritme ini dapat memberikan stimulus sensorimotor sehingga dapat mensinkronisasi gelombang otak dan membantu aktivitas otak dalam fungsi kognitif. Pola berulang ini merangsang otak untuk melakukan sinkronisasi neural yang menimbulkan gelombang otak berupa sinyal ke sistem motorik. Pada saat menepuk gamelan Bali terdapat *feedback loop* yang terdiri dari penerimaan sinyal, perencanaan gerakan, dan

respon motorik dengan gerakan yang terkoordinasi (Antara et al., 2024).

Salah satu komponen alat musik gamelan Bali yaitu kendang memiliki kemiripan seperti konduktor di suatu orkestra barat. Pemain kendang adalah pemain yang memimpin gamelan dan harus memiliki kemampuan untuk merespons sinyal yang telah diberikan oleh para penari dengan tepat dan cepat, menekankan gerakan mereka, mengarahkan, mengontrol tempo, dinamika, memberi tanda untuk pengulangan, serta masuknya *colotomic*. Hal ini dapat dikaitkan dengan *task switching* yang berkaitan dengan fungsi eksekutif yang didapatkan dari permainan musik (Sudirana, 2018).

Terdapat penelitian pada anak *autism* yang diberikan terapi dengan memainkan alat musik gamelan Bali, mengalami perubahan positif menjadi lebih percaya diri, terampil dalam mengetuk alat musik, mampu mempertahankan perhatian, lebih tenang dan fokus. Selama sesi memainkan gamelan Bali terjadi peningkatan gelombang alpha dan beta (Antara et al., 2024). Maka, terapi non-farmakologis menggunakan alat musik gamelan dan suling Bali memiliki potensi dalam meningkatkan kemampuan motorik dan sensorik bukannya hanya pada anak autisme, tetapi sebagai rehabilitasi pada usia dewasa dalam memperkuat cadangan kognitif, fungsi eksekutif dan neuroplastisitas (Puspitosari & Nurhidayah, 2025).



Gambar 3. Skema stimulus musik tradisional terhadap perbaikan fungsi kognitif

Kesimpulan

Fase *middle adulthood* merupakan pivot dalam *growth* dan *decline* terutama dalam fungsi kognitifnya. Bermain musik, khususnya pada orang dewasa, memperlihatkan fungsi kognitif yang lebih baik dalam memori jangka pendek (*working memory*). Aktivitas memainkan alat musik, khususnya alat musik tradisional Indonesia seperti gamelan dan suling Bali memiliki manfaat pada fungsi kognitif. Latihan ini dapat menyebabkan peningkatan kapasitas neuroplastisitas otak yang dipicu oleh tiga mekanisme utama, yaitu; (1) Integrasi sensorimotor yang melibatkan koordinasi persepsi auditori sensorimotor, visual dan perencanaan gerakan; (2) Fungsi eksekutif seperti memori kerja, kontrol inhibisi, dan fleksibilitas kognitif; serta (3) Motivasi dan *emotional engagement* yang dihasilkan oleh aktivasi sistem reward di sistem limbik, yang melepas dopamin untuk memperkuat proses belajar dan fungsi kognitif.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dr. dr Herpan Syafii Harahap, M. Biomed, Sp. N., Subs. NGD (K) dan seluruh pihak yang telah berkerjasama dalam membantu penyusunan dan penulisan artikel ini.

Referensi

- Antara, P. A., Wirawan, I. M. A., Ujianti, P. R., Paramita, M. V. A., Setyowahyudi, R., & Dewi, N. P. S. (2024). Integrating Balinese Gamelan Music with Sensorimotor Rhythm Intervention to Improve Brain Wave Synchrony and Language Processing in Autistic Children. *International Journal of Language Education*, 8(4), 778–794. <https://doi.org/10.26858/ijole.v8i4.70008>
- Asri, Y., Zakaria, A., Yunita, H. N., Azizah, F., Sasmianto, S., Murtiyani, N., & Manga, Y. B. (2024). Sleep Quality and Cognitive Function on Self-rated Health Status among The Elderly: Findings from the Indonesian family life survey (IFLS-5). *Narra J*, 4(3), e1103. <https://doi.org/10.52225/narra.v4i3.1103>
- Bayanova, L., Chichinina, E., & Aslanova, M. (2024). The association between music training and executive function in 6–7-

- year-old children. *Frontiers in Education*, 9.
<https://doi.org/10.3389/feduc.2024.1333580>
- Chatterjee, D., Hegde, S., & Thaut, M. (2021). Neural plasticity: The substratum of music-based interventions in neurorehabilitation. *NeuroRehabilitation*, 48(2), 155–166.
<https://doi.org/10.3233/NRE-208011>
- Cristofori, I., Cohen-Zimmerman, S., & Grafman, J. (2019). Chapter 11 - Executive functions. In M. D'Esposito & J. H. Grafman (Eds.), *The Frontal Lobes* (Vol. 163, pp. 197–219). Elsevier.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804281-6.00011-2>
- Dohm-Hansen, S., English, J. A., Lavelle, A., Fitzsimons, C. P., Lucassen, P. J., & Nolan, Y. M. (2024). The “Middle-Aging” Brain. *Trends in Neurosciences*, 47(4), 259–272.
<https://doi.org/10.1016/j.tins.2024.02.001>
- Ferreri, L., Mas-Herrero, E., Zatorre, R. J., Ripollés, P., Gomez-Andres, A., Alicart, H., Olivé, G., Marco-Pallarés, J., Antonijoan, R. M., Valle, M., Riba, J., & Rodriguez-Fornells, A. (2019). Dopamine Modulates The Reward Experiences Elicited by Music. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116(9), 3793–3798.
<https://doi.org/10.1073/pnas.1811878116>
- Gonzales, M. M., Garbarino, V. R., Pollet, E., Palavicini, J. P., Kellogg, D. L., Kraig, E., & Orr, M. E. (2022). Biological Aging Processes Underlying Cognitive Decline and Neurodegenerative Disease. *Journal of Clinical Investigation*, 132(10).
<https://doi.org/10.1172/JCI158453>
- Guyton, A. C., & Hall, J. E. (2021). *Guyton dan Hall Buku Ajar Fisiologi Kedokteran* (14th ed.). Saunders Elsevier.
- Idarianty, Hartati, S., & Safitri, S. (2025). Pengaruh Musik Terhadap Perkembangan Kognitif dan Melatih Fokus Pada Anak Usia Dini. *PrimEarly: Jurnal Kajian Pendidikan Dasar Dan Anak Usia Dini*, 8(1), 59–69.
<https://doi.org/10.37567/primearly.v8i1.3927>
- Lachman, M. E., Teshale, S., & Agrigoroaei, S. (2014). Midlife as a Pivotal Period in The Life Course: Balancing growth and decline at the crossroads of youth and old age. *International Journal of Behavioral Development*, 39(1), 20–31.
<https://doi.org/10.1177/0165025414533223>
- Laksmidewi, A. A. A. P., & Dewi, V. T. (2021). Classic and Traditional Music Role in Cognitive Function and Critically Ill Patients. In *Music in Health and Diseases*. IntechOpen.
<https://doi.org/10.5772/intechopen.98698>
- Lu, Y., Shi, L., & Musib, A. F. (2025). Effects of Music Training on executive functions in preschool children aged 3–6 years: systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Psychology*, 15.
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2024.1522962>
- Olszewska, A. M., Gaca, M., Herman, A. M., Jednoróg, K., & Marchewka, A. (2021). How Musical Training Shapes the Adult Brain: Predispositions and Neuroplasticity. *Frontiers in Neuroscience*, 15.
<https://doi.org/10.3389/fnins.2021.630829>
- Pappalettera, C., Carrarini, C., Miraglia, F., Vecchio, F., & Rossini, P. M. (2024). Cognitive resilience/reserve: Myth or reality? A review of definitions and measurement methods. *Alzheimer's & Dementia*, 20(5), 3567–3586.
<https://doi.org/10.1002/alz.13744>
- Provorova, A. A., & Kulikova, S. P. (2024). Functional Brain Connectivity and Musical Training: Insights from EEG Phase Synchronization During Music Perception. *BioRxiv*.
<https://doi.org/10.1101/2024.12.11.627938>
- Puspitosari, A., & Nurhidayah, N. (2025). Cognitive Stimulation Therapy (Indonesian Version): Effects on Factors Associated with Cognitive Function in Middle Adult. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 11(1), 490–495.
<https://doi.org/10.29303/jppipa.v11i1.9890>
- Rodriguez-Gomez, D. A., & Talero-Gutiérrez, C. (2022). Effects of music training in executive function performance in children: A systematic review. *Frontiers in Psychology*, 13.
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.968144>
- Rusmawati, D., Setyawan, I., & Febriyanti, D. A.

- (2022). PELATIHAN PENGEMBANGAN SENSORI INTEGRASI MELALUI MUSIK DAN GERAKAN. *Jurnal Pasopati*, 4(4). <https://doi.org/https://doi.org/10.14710/pasopati.2022.16516>
- Santana, M. V. de O., Malheiros, K. de P., Marchiori, C. H., & Melo, E. M. de. (2025). The Role of Music, Dance, Movement, and Frequency in the Process of Neuroplasticity. *Middle East Research Journal of Medical Sciences*, 5(03), 342–359. <https://doi.org/10.36348/merjms.2025.v05i03.010>
- Schneider, C. E., Hunter, E. G., & Bardach, S. H. (2019). Potential Cognitive Benefits From Playing Music Among Cognitively Intact Older Adults: A Scoping Review. *Journal of Applied Gerontology*, 38(12), 1763–1783. <https://doi.org/10.1177/0733464817751198>
- Sudirana, I. W. (2018). Improvisation in Balinese Music: An Analytical Study of Three Different Types of Drumming in the Balinese Gamelan Gong Kebyar. *Journal of Music Science, Technology, and Industry*, 1(1), 1–22. <https://doi.org/10.31091/jomsti.v1i1.502>
- Tanaka, S., & Kirino, E. (2019). Increased Functional Connectivity of The Angular Gyrus During Imagined Music Performance. *Frontiers in Human Neuroscience*, 13. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2019.00092>
- Verkhatsky, A., & Zorec, R. (2024). Neuroglia in Cognitive Reserve. *Molecular Psychiatry*, 29, 3962–3967. <https://doi.org/10.1038/s41380-024-02644-z>
- Wolff, L., Quan, Y., Perry, G., & Thompson, W. F. (2023). Music Engagement as a Source of Cognitive Reserve. *American Journal of Alzheimer's Disease & Other Dementias®*, 38. <https://doi.org/10.1177/15333175231214833>
- Zaatar, M. T., Alhakim, K., Enayeh, M., & Tamer, R. (2024a). The transformative power of music: Insights into neuroplasticity, health, and disease. *Brain, Behavior, & Immunity - Health*, 35, 100716. <https://doi.org/10.1016/j.bbih.2023.100716>
- Zaatar, M. T., Alhakim, K., Enayeh, M., & Tamer, R. (2024b). The transformative power of music: Insights into neuroplasticity, health, and disease. *Brain, Behavior, and Immunity - Health*, 35. <https://doi.org/10.1016/j.bbih.2023.100716>
- Zuk, J., Benjamin, C., Kenyon, A., & Gaab, N. (2018). Correction: Behavioral and Neural Correlates of Executive Functioning in Musicians and Non-Musicians. *PLOS ONE*, 13(1), e0191394. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0191394>