MEDIA KEPERAWATAN INDONESIA
Jl. Kedungmundu Raya No. 18 Semarang Gedung NRC Universitas Muhammadiyah Semarang Phone: 02476740287, Fax: 02476740287 Email: mki@unimus.ac.id



Article

Check for updates

Child Growth and Neurodevelopment: A Literature Review as a Basis for Early Detection of Developmental Disorders

Rahma Julia Setyaningtyas[1]

[1] Sarjana Keperawatan, Fakultas Ilmu Keperawatan dan Kesehatan, Universitas Muhammadiyah Semarang, Indonesia

Article Info

Article History:
Submitted: November 30th, 2025
Accepted: December 25th, 2025
Published: December 31st, 2025

Keywords:
Early Detection; Pediatric Nursing; Neurodevelopment; Stunting; Growth and Development.

Abstract

The golden age is a critical phase of brain architecture formation that determines the future quality of child growth and development. Early detection of developmental disorders is often delayed due to an exclusive focus on physical indicators, such as stunting, without the adequate integration of neurobiological monitoring. This study aims to analyze the reciprocal relationship between child growth and brain development as a conceptual foundation for developing strategies for the early detection of developmental disorders. This study employed a literature review design with a thematic approach, utilizing Scopus and PubMed databases for articles published between 2021 and 2025. The analysis involved selecting 11 final articles that met the inclusion criteria based on the PRISMA flow diagram. The analysis identified three main themes: the impact of nutritional status and stunting on brain architecture, instruments and technologies for early detection, and the effectiveness of early stimulation interventions. Data synthesis indicates that physical recovery alone is insufficient to restore lost cognitive function without intensive brain development stimulation. This review concludes that stunting reflects structural brain deficits rather than mere physical growth retardation, rendering the separation of nutritional monitoring and neuroscience obsolete. We recommend a paradigm shift toward an integrated brain-protection model that incorporates neurodevelopmental screening technologies into primary care starting from the prenatal phase. Enhancing health professionals' competence in neurobehavioral assessment is crucial to ensure timely interventions during the critical window of brain plasticity.

PENDAHULUAN

Periode awal kehidupan anak merupakan fase penting yang dikenal sebagai *golden age* bagi pembentukan arsitektur otak manusia secara kompleks [1,2]. Perkembangan neurologis yang berlangsung cepat memiliki pengaruh dalam menentukan kemampuan fisik, kognitif, dan emosional anak secara permanen di masa mendatang [3]. Pemahaman mendalam mengenai

Corresponding author:
Rahma Julia Setyaningtyas
Email: rahmajuliastygs@unimus.ac.id
Media Keperawatan Indonesia, Vol 8 No 4, December 2025
e-ISSN: 2615-1669
ISSN: 2722-2802
DOI: 10.26714/mki.8.4.2025.330-343

konektivitas saraf merupakan aspek fundamental bagi tenaga kesehatan dalam mengidentifikasi adanya penyimpangan terhadap pola pertumbuhan normal [4,5]. Dengan demikian, integrasi antara pemantauan pertumbuhan fisik dan perkembangan otak memegang peran penting dalam strategi deteksi dini gangguan tumbuh kembang anak [6,7].

Data global UNICEF dan *World Health Organization* (WHO) tahun 2023 melaporkan bahwa sekitar 317 juta anak dan remaja mengalami kondisi kesehatan yang berkaitan dengan disabilitas perkembangan, dengan prevalensi tertinggi terjadi di negara berpenghasilan menengah ke bawah [8,9]. Di Indonesia, data Survei Status Gizi Indonesia (SSGI) tahun 2024 menunjukkan prevalensi stunting sebesar 19,8% pada tingkat nasional, setara dengan sekitar 4,4 juta balita mengalami gangguan pertumbuhan kronis [10]. Angka tersebut mengindikasikan bahwa jutaan anak Indonesia berada dalam risiko tinggi mengalami hambatan perkembangan otak yang sering tidak terdeteksi sejak dini akibat kurang optimalnya skrining neurologis di tingkat pelayanan primer [11,12].

Beberapa penelitian terkini telah menyoroti adanya hubungan yang erat antara status nutrisi, struktur otak, dan luaran perkembangan anak [13,14]. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa anak dengan riwayat stunting memiliki risiko tinggi mengalami keterlambatan perkembangan motorik dan kognitif akibat terganggunya proses maturasi otak karena defisiensi nutrisi [15,16]. Kekurangan zat gizi esensial secara langsung dapat menghambat proses mielinisasi saraf yang penting bagi fungsi eksekutif otak [17,18]. Penelitian lainnya juga menunjukkan bahwa anak dengan status gizi kurang cenderung mengalami penurunan tingkat fungsi kognitif secara signifikan dibandingkan anak dengan status gizi baik [19].

Selain aspek nutrisi, penelitian terkini juga mulai mempertimbangkan aspek efektivitas metode deteksi yang berbasis pada bukti neurosains dan genetik untuk meningkatkan akurasi dalam melakukan identifikasi gangguan tumbuh kembang anak [20–22]. Pengujian genetik yang dikombinasikan dengan pemahaman perkembangan otak dapat meningkatkan akurasi diagnosis *Global Developmental Delay* (GDD) hingga 61% secara signifikan [22]. Di sisi lain, pemeriksaan neurologis klinis dipandang sebagai instrumen penting untuk mengevaluasi dampak jangka panjang gangguan tumbuh kembang terhadap fungsi otak anak [23,24]. Secara keseluruhan, penelitian terkini mengindikasikan bahwa upaya deteksi dini tumbuh kembang anak tidak hanya bergantung pada pengukuran antropometri semata, tetapi juga memerlukan pendekatan asesmen yang lebih komprehensif [25,26].

Meskipun penelitian deteksi dini gangguan tumbuh kembang anak telah banyak dilakukan, integrasi antara mekanisme neurobiologis dengan praktik klinis deteksi dini tumbuh kembang anak masih terbatas [27,28]. Pendekatan neurosains masih jarang digunakan dalam pemantauan tumbuh kembang anak, sehingga tenaga kesehatan cenderung berfokus pada indikator penilaian fisik yang mudah diamati [29]. Kondisi ini berpotensi menyebabkan keterlambatan identifikasi gangguan tumbuh kembang anak yang bersifat subtil atau tidak kasat mata [30,31]. Oleh karena itu, diperlukan kajian untuk menjembatani kesenjangan antara teori perkembangan otak yang kompleks dan penerapan skrining yang praktis serta aplikatif dalam pelayanan kesehatan anak [31].

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hubungan timbal balik antara tumbuh kembang anak dan perkembangan otak sebagai landasan konseptual dalam pengembangan strategi deteksi dini gangguan perkembangan anak. Penelitian

ini diharapkan dapat memberikan wawasan baru bagi tenaga kesehatan dalam mengoptimalkan intervensi pelayanan kesehatan anak sejak dini. Strategi pendekatan deteksi dini yang terintegrasi diharapkan mampu meningkatkan ketepatan identifikasi gangguan perkembangan serta mendukung pengambilan keputusan klinis yang lebih efektif dalam praktik pelayanan kesehatan anak.

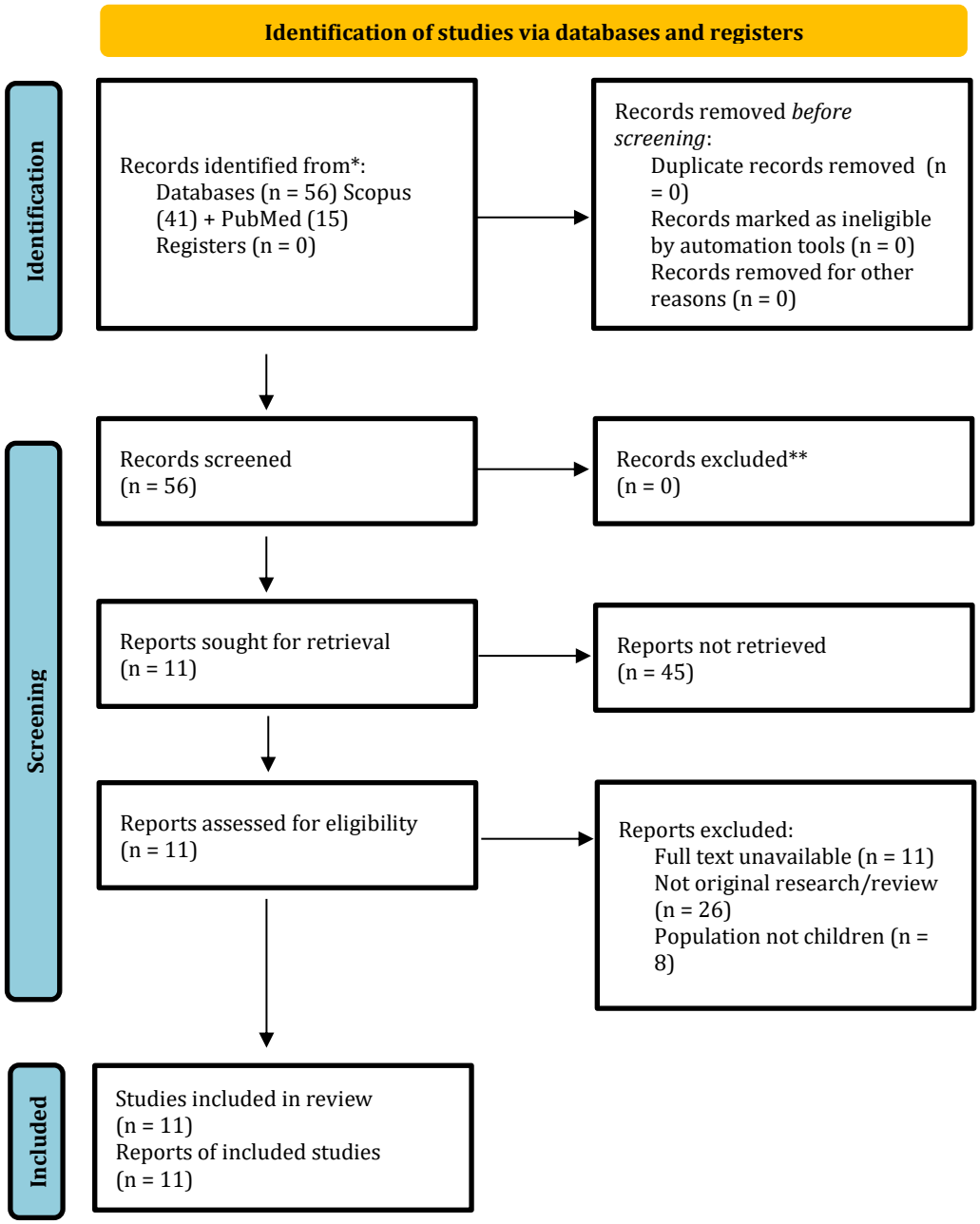
METODE

Desain yang digunakan dalam penelitian ini adalah *literature review* dengan pendekatan tematik. *Literature review* dengan pendekatan tematik merupakan metode sintesis yang mengorganisir dan menganalisis temuan-temuan dari berbagai studi berdasarkan kesamaan pola, tema, atau konsep utama, bukan berdasarkan urutan kronologis publikasi [32]. Strategi pencarian *literature review* menggunakan analisis masalah dengan format PICOS. Artikel yang digunakan dalam penelitian ini didapatkan dari dua basis data bereputasi internasional, yaitu Scopus dan PubMed. Proses pencarian artikel menggunakan kombinasi kata kunci spesifik dalam bahasa inggris: "*child OR pediatric OR infant AND growth OR child development AND brain development AND developmental disorders AND nursing*". Pemilihan kata kunci ini bertujuan untuk mendapatkan studi yang mengintegrasikan aspek tumbuh kembang, neurosains, dan asuhan keperawatan secara holistik. Penelitian ini membatasi cakupan pencarian pada artikel terbaru yang dipublikasikan dalam rentang tahun 2021 hingga 2025 untuk memastikan relevansi dengan tren riset kesehatan anak terkini.

Penelitian ini menyajikan hasil penelusuran artikel-artikel yang berkaitan dengan topik penelitian. Kriteria inklusi artikel meliputi jenis dokumen artikel penelitian orisinal (*original research*), tersedia dalam teks lengkap (*full-text*), serta dipublikasikan dalam bahasa Inggris atau bahasa Indonesia. Peneliti membatasi populasi studi hanya pada subjek manusia dengan kategori usia anak-anak kurang dari 18 tahun. Sebaliknya, peneliti mengeksklusi artikel berjenis opini, editorial, serta studi yang tidak membahas intervensi deteksi dini atau perkembangan otak secara spesifik.

Penelitian ini menggunakan matriks ekstraksi data untuk merangkum informasi kunci dari artikel terpilih yang meliputi tujuan, metode, dan hasil penelitian utama. Matriks ekstraksi data adalah instrumen terstruktur berupa tabel atau formulir yang dirancang untuk merekam secara sistematis informasi relevan dari setiap studi yang diulas [33]. Pendekatan analisis tematik digunakan untuk mengelompokkan temuan-temuan studi ke dalam tema-tema utama yang berkaitan dengan peran tenaga kesehatan dalam deteksi dini gangguan tumbuh kembang dan perkembangan otak anak.

Proses seleksi awal berhasil mengidentifikasi total 56 artikel potensial, yang terdiri dari 41 artikel dari basis data Scopus dan 15 artikel dari basis data PubMed. Peneliti kemudian melakukan penyortiran bertahap berdasarkan relevansi judul, abstrak, dan kesesuaian dengan kriteria inklusi yang telah ditetapkan sebelumnya. Setelah melalui tahapan skrining dan penilaian kelayakan yang ketat, penulis menetapkan 11 artikel final yang terdiri dari 7 artikel Scopus dan 5 artikel PubMed untuk dianalisis lebih lanjut dalam tinjauan studi. Alur lengkap proses seleksi artikel disajikan menggunakan diagram PRISMA dalam gambar 1.



Gambar 1.
Diagram Alur PRISMA Seleksi Artikel

HASIL

Peneliti menyajikan analisis komprehensif terhadap sebelas artikel final yang telah lolos seleksi berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi. Kesebelas artikel ini terdiri dari tujuh artikel yang terindeks dalam basis data Scopus dan empat artikel dari basis data PubMed. Mayoritas studi yang direview memfokuskan investigasi mereka pada hubungan timbal balik antara indikator pertumbuhan fisik dan maturasi neurologis anak. Penulis menyajikan data-data tersebut dalam bentuk tinjauan naratif untuk menguraikan kompleksitas deteksi dini gangguan perkembangan secara holistik.

Peneliti melakukan ekstraksi data mendalam menggunakan matriks terstruktur untuk mengidentifikasi pola-pola utama yang muncul secara konsisten di seluruh literatur terpilih. Proses analisis tematik ini menghasilkan tiga tema besar yang menjadi fondasi utama dalam praktik deteksi dini kontemporer berbasis bukti neurosains. Ketiga tema tersebut meliputi dampak pertumbuhan awal terhadap arsitektur otak (*brain architecture*), efektivitas metode deteksi berbasis penilaian neurodevelopmental, dan peran asuhan keperawatan dalam optimalisasi tumbuh kembang anak. Peneliti menjabarkan setiap tema tersebut secara terperinci melalui matriks sintesis untuk memudahkan pemahaman pembaca terhadap esensi topik yang dikaji.

Pertumbuhan Awal Kehidupan dan Dampaknya terhadap Arsitektur Otak

Literatur terbaru secara konsisten menyoroti bahwa periode pertumbuhan pesat pada masa bayi (*infancy*) memiliki peran fundamental dalam membentuk konektivitas fungsional otak yang optimal. Defisit pertumbuhan pada fase kritis ini terbukti menghambat proses mielinisasi saraf dan pembentukan sirkuit neural yang mendasari fungsi kognitif dan motorik anak. Penyajian sintesis mengenai mekanisme biologis bagaimana pertumbuhan fisik dini memengaruhi perkembangan struktur otak dapat dilihat pada tabel 1.

Hasil review pada tema ini menunjukkan adanya gap signifikan antara pemahaman teoretis mengenai plastisitas otak dengan penerapan praktis di tingkat pelayanan primer. Mayoritas program deteksi dini masih berfokus pada pengukuran antropometri semata tanpa mempertimbangkan kualitas pertumbuhan otak yang sesungguhnya [34–36]. Simpulan utama tema ini adalah bahwa periode *early infancy* (0-12 bulan) merupakan jendela kritis (*critical window*) di mana intervensi nutrisi dan stimulasi harus dimaksimalkan untuk mencegah defisit neurologis permanen yang berdampak pada luaran perkembangan jangka Panjang [37].

Tabel 1
Sintesis Topik Pertumbuhan Awal dan Perkembangan Otak

Sumber	Hasil Review
Bulgarelli et al., 2024	Pertumbuhan optimal pada masa bayi (*early infancy*) secara langsung memengaruhi kecepatan pembentukan konektivitas fungsional otak, terutama pada jaringan sensorimotorik dan perhatian yang krusial bagi pembelajaran [38].
Hadders Algra, 2022	Anak yang berisiko mengalami gangguan neurodevelopmental menunjukkan pola pertumbuhan otak yang berbeda (*atypical brain development*) sejak periode prenatal hingga usia dini, yang dapat dideteksi melalui penilaian neurologis terstruktur [39].
Cioffredi et al., 2024	Determinan sosial dan lingkungan pada masa prenatal dan *early childhood* memiliki dampak langsung terhadap lintasan (*trajectories*) perkembangan otak yang dapat memprediksi luaran kesehatan mental dan kognitif di masa kanak-kanak [40].
Volkow et al., 2024	Studi longitudinal menunjukkan bahwa interaksi antara pertumbuhan fisik, faktor genetik, dan lingkungan pengasuhan membentuk arsitektur otak yang unik pada setiap anak, sehingga deteksi dini harus bersifat individualized [41].

Metode Deteksi Berbasis Penilaian Neurodevelopmental

Tema kedua mencakup empat artikel yang mengevaluasi efektivitas berbagai metode deteksi dini yang berbasis pada pemahaman neurosains dan penilaian perkembangan terstruktur. Penyajian sintesis mengenai akurasi dan tantangan implementasi berbagai instrumen deteksi dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2
Sintesis Topik Metode Deteksi Neurodevelopmental

Sumber	Hasil Review
Hidalgo Robles et al., 2024	Penilaian neurologis klinis (*neurological assessment*) memiliki nilai prediktif yang kuat dalam mengidentifikasi anak dengan *developmental delays* yang bersifat subtil (*subtle*), bahkan sebelum gejala perilaku muncul secara nyata [42].
Bondi et al., 2025	Tinjauan sistematis menemukan bahwa instrumen asesmen neurodevelopmental yang terstandar (seperti Bayley-III) lebih sensitif dibanding skrining konvensional dalam mendeteksi keterlambatan pada domain kognitif dan bahasa pada bayi [43].
Sun et al., 2022	Penggunaan *neuroimaging* (MRI struktural) pada bayi dengan *global developmental delay* berhasil mengidentifikasi abnormalitas korteks serebral yang tidak terdeteksi melalui pemeriksaan fisik standar [44].
Caesar et al., 2023	Deteksi dini pada bayi prematur (*very preterm*) menggunakan kombinasi penilaian motorik dan kognitif terbukti meningkatkan akurasi prediksi luaran neurodevelopmental pada usia 2 tahun secara signifikan [45].

Hasil review pada tema ini menunjukkan adanya pergeseran paradigma dari deteksi berbasis observasi perilaku semata menuju deteksi berbasis bukti neurobiologis yang terukur. Kesenjagan yang ditemukan adalah belum terintegrasinya teknologi penilaian canggih ini ke dalam layanan kesehatan primer seperti di Puskesmas atau Klinik karena keterbatasan sumber daya dan pelatihan tenaga kesehatan [46–48]. Simpulannya, kombinasi antara instrumen asesmen terstandar (seperti Bayley-III atau HINE) dengan pemeriksaan neurologis klinis memberikan akurasi tertinggi dalam memprediksi risiko gangguan perkembangan pada masa kritis, sehingga harus menjadi standar baru dalam protokol deteksi dini [49,50].

Peran Asuhan Keperawatan dalam Optimalisasi Tumbuh Kembang

Empat artikel terakhir membahas kontribusi spesifik profesi keperawatan dalam pemantauan, edukasi, dan intervensi dini tumbuh kembang anak. Penyajian sintesis mengenai model asuhan keperawatan yang efektif dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3
Sintesis Topik Asuhan Keperawatan dan Tumbuh Kembang

Sumber	Hasil Review
Mello et al., 2025	Integrasi *Nurturing Care Framework* dalam kurikulum pendidikan keperawatan terbukti meningkatkan kompetensi perawat dalam melakukan pemantauan tumbuh kembang anak secara holistik yang mencakup aspek nutrisi, stimulasi, dan keamanan [51].
Kim, 2023	Jurnal keperawatan anak menunjukkan tren peningkatan publikasi riset berbasis bukti (*evidence-based practice*) mengenai deteksi dini, yang mengindikasikan kesadaran profesi keperawatan terhadap urgensi topik ini semakin tinggi [52].
de Lagran et al., 2024	Pemahaman perawat mengenai etiologi *neurodevelopmental disorders* (termasuk faktor genetik dan lingkungan) sangat krusial untuk memberikan edukasi antisipatori (*anticipatory guidance*) yang tepat kepada orang tua [53].
Hong-Min et al., 2023	Penelitian terkini menekankan perlunya perawat anak memiliki keterampilan *screening* dasar gangguan neurodevelopmental untuk melakukan rujukan (*referral*) tepat waktu ke spesialis tumbuh kembang [54].

Hasil review pada tema ini menunjukkan bahwa perawat anak memiliki posisi strategis sebagai gatekeeper dalam sistem deteksi dini karena frekuensi kontak mereka dengan keluarga yang tinggi di

layanan primer maupun komunitas. Kesenjangan yang teridentifikasi adalah kurangnya pelatihan spesifik mengenai neurosains perkembangan dan penggunaan instrumen skrining terstandar dalam pendidikan keperawatan dasar. Simpulan akhirnya adalah bahwa peningkatan kapasitas perawat melalui pelatihan *Continuous Professional Development* (CPD) berbasis neurosains dan pemberdayaan orang tua sebagai agen stimulasi harian merupakan kunci utama keberhasilan program deteksi dini yang berkelanjutan dan berdampak jangka panjang.

PEMBAHASAN

Pertumbuhan Awal Kehidupan dan Dampaknya terhadap Arsitektur Otak

Sintesis literatur pada tema pertama menegaskan bahwa pertumbuhan fisik pada masa bayi bukan sekadar indikator kesehatan somatik, melainkan cerminan langsung dari proses pembentukan arsitektur otak yang kompleks, di mana lintasan pertumbuhan fisik yang optimal berkorelasi positif dengan perkembangan jaringan fungsional otak (*functional brain network*) [38]. ntervensi nutrisi yang agresif pada periode jendela kritis (*critical window*) terbukti mampu mencegah kerusakan struktur otak yang permanen, terutama pada area talamus dan hipokampus yang mengatur memori serta kognisi, karena plastisitas sinaptik sangat bergantung pada ketersediaan substrat energi dan makronutrien spesifik saat fase ini [55]. Namun, analisis mendalam mengungkap adanya konflik teori (*theoretical conflict*) terkait konsep *catch-up growth*, di mana literatur klasik menyarankan perbaikan fisik sejalan dengan pemulihan perkembangan. Meskipun demikian, studi neuroimaging terbaru menyanggah hal tersebut dengan bukti bahwa anak yang mengalami pemulihan fisik (*catch-up*) setelah usia 2 tahun tetap menunjukkan volume otak subkortikal yang lebih kecil dibandingkan anak yang tumbuh normal sejak lahir, menandakan adanya jaringan parut neurobiologis yang persisten [6].

Kesenjangan ini mengindikasikan bahwa plastisitas otak (*brain plasticity*) memiliki batas waktu yang lebih ketat daripada yang dipahami sebelumnya, di mana mekanisme molekuler seperti penutupan periode kritis (*critical period closure*) diatur secara presisi oleh maturasi interneuron penghambat yang membatasi reorganisasi sirkuit saraf setelah usia tertentu [56]. Pendapat ahli neurosains perkembangan mendukung bahwa sinaptogenesis dan mielinisasi adalah proses yang sangat *time-sensitive*; sekali periode emas ini terlewati tanpa nutrisi adekuat, defisit fungsional pada jaringan saraf eksekutif menjadi sulit dipulihkan sepenuhnya karena konsolidasi mielin menghambat pembentukan sinaps baru [57]. Temuan ini menantang protokol penanganan stunting saat ini yang sering kali dianggap selesai ketika anak mencapai kurva berat badan normal, padahal risiko neurokognitif mungkin masih menetap akibat perubahan morfometri otak yang persisten di area subkortikal [6]. Oleh karena itu, paradigma pemulihan fisik harus segera digeser menjadi proteksi otak dini sebelum kerusakan terjadi, dengan fokus pada intervensi multi-komponen yang dimulai sejak masa prenatal hingga 1.000 hari pertama kehidupan [58].

Metode Deteksi Berbasis Penilaian Neurodevelopmental

Sintesis literatur pada tema kedua menyoroti superioritas metode deteksi berbasis bukti neurosains (seperti pemeriksaan neurologis HINE dan analisis genetik) dibandingkan metode skrining konvensional, di mana pendekatan genomik terbukti mampu mengidentifikasi varian patogenik pada neonatus dengan kelainan neurologis yang tidak terdeteksi melalui pemeriksaan biokimia standar [59]. Penilaian neurologis terstruktur terbukti mampu mendeteksi tanda-tanda halus (*subtle signs*) gangguan perkembangan pada bayi risiko tinggi jauh lebih awal

daripada *checklist* perkembangan standar, dengan sensitivitas mencapai 100% dalam memprediksi cerebral palsy derajat sedang-berat pada usia 3-4 bulan [60]. Kendati demikian, terdapat kesenjangan implementasi yang lebar di tatanan pelayanan primer, yang disebabkan oleh kurangnya adopsi pedoman praktik klinis berbasis bukti terkini meskipun bukti manfaatnya sudah jelas [61]. Hambatan utama yang teridentifikasi bukan pada ketersediaan alat, melainkan pada kompetensi klinisi dalam menginterpretasikan tanda-tanda neurologis dini yang sering kali ambigu, ditambah dengan kendala sistemik seperti stigma dan keterbatasan waktu konsultasi yang menghambat integrasi layanan kesehatan mental dan perkembangan di Puskesmas atau Klinik [62].

Literatur pembanding memperkuat argumen bahwa sistem kesehatan saat ini masih reaktif menunggu keluhan orang tua daripada proaktif melakukan *surveillance* neurologis, di mana perspektif dokter anak menunjukkan ketergantungan berlebih pada pelaporan orang tua yang sering kali bias dan terlambat [63]. Studi terbaru menyoroti bahwa banyak alat skrining yang digunakan di layanan primer memiliki sensitivitas rendah (<70%) untuk mendeteksi gangguan perkembangan ringan, seperti ditunjukkan oleh Borkhoff et al. (2025) yang menemukan sensitivitas hanya 40% pada *Infant Toddler Checklist* (ITC) di tatanan klinis nyata, sehingga menghasilkan banyak kasus negatif palsu yang lolos dari deteksi dini [64]. Menanggapi kelemahan ini, ahli kebijakan kesehatan merekomendasikan adopsi model *tiered-screening* (skrining berjenjang), di mana setiap anak dengan risiko pertumbuhan (seperti BBLR atau stunting) wajib menjalani asesmen neurologis mendalam sebagai standar prosedur operasional, bukan sekadar opsi rujukan, guna meningkatkan proporsi deteksi dini secara signifikan [65].

Peran Asuhan Keperawatan dalam Optimalisasi Tumbuh Kembang

Sintesis literatur pada tema ketiga menggarisbawahi posisi vital perawat sebagai garda terdepan dalam mendeteksi penyimpangan tumbuh kembang melalui asuhan yang berkelanjutan (*continuity of care*), di mana peran mereka terbukti signifikan dalam manajemen transisi perawatan dan koordinasi lintas sektoral yang memastikan tidak adanya pasien yang terabaikan dalam sistem rujukan [66]. Temuan review menunjukkan bahwa intervensi keperawatan yang berbasis edukasi *nurturing care* efektif meningkatkan kualitas stimulasi rumah tangga yang menjadi prediktor utama luaran kognitif anak, dengan bukti peningkatan skor interaksi orang tua-anak yang konsisten hingga usia *toddlerhood* [67]. Namun, analisis kesenjangan menunjukkan adanya diskoneksi antara kurikulum pendidikan keperawatan dengan kebutuhan kompetensi di lapangan, di mana metode pembelajaran konvensional sering kali gagal menjembatani kesenjangan antara teori dengan praktik, sehingga adopsi teknologi simulasi dan model bimbingan berbasis kompetensi menjadi sangat krusial [68]. Banyak perawat merasa kurang percaya diri (*lack of self-efficacy*) dalam melakukan penilaian neurodevelopmental karena minimnya paparan materi neurosains praktis selama masa pendidikan. Hal ini diperkuat oleh studi intervensi yang menemukan bahwa program edukasi asesmen neurologis yang komprehensif secara signifikan meningkatkan *self-efficacy* dan keterampilan klinis mahasiswa keperawatan dibandingkan dengan kelompok kontrol [69].

Kesenjangan kompetensi ini didukung oleh temuan eksternal yang melaporkan bahwa pelatihan keperawatan tradisional masih terlalu berat pada aspek patofisiologi penyakit akut, dan kurang menekankan pada aspek perkembangan anak jangka panjang, di mana topik spesifik seperti

neurokritical care pediatric sering kali tidak tercakup secara memadai dalam sertifikasi perawat kritis umum [70]. Sedangkan, literatur terkini menekankan bahwa perawat memiliki peran unik sebagai penerjemah informasi neurosains yang kompleks menjadi bahasa pengasuhan sehari-hari yang mudah dipahami orang tua, sebuah fungsi vital dalam meningkatkan literasi kesehatan keluarga yang secara langsung berdampak pada luaran tumbuh kembang anak [71]. Oleh karena itu, reformasi pendidikan keperawatan yang mengintegrasikan modul neuro-nursing anak sangat mendesak dilakukan untuk mencetak tenaga kesehatan yang kompeten dalam mengawal periode *golden age* secara komprehensif, mengingat konsensus ahli terbaru telah menetapkan prioritas kurikulum yang mencakup pemantauan neuromonitoring lanjut dan asesmen neurologis khusus yang selama ini terabaikan [72].

SIMPULAN

Artikel *literature review* ini menyimpulkan bahwa hubungan timbal balik antara tumbuh kembang anak dan perkembangan otak merupakan fondasi yang tak terpisahkan dalam strategi deteksi dini. Temuan utama menunjukkan bahwa status stunting bukan sekadar masalah antropometri, melainkan indikator klinis adanya defisit arsitektur otak yang memerlukan intervensi neuroprotektif segera. Simpulan ini menegaskan bahwa pendekatan konvensional yang memisahkan pemantauan gizi secara fisik dengan skrining perkembangan (neurosains) tidak lagi relevan untuk menangkap spektrum gangguan perkembangan yang kompleks.

Kebaruan yang dihasilkan dari sintesis ini adalah rekomendasi pergeseran paradigma dari model pemulihan fisik menuju model proteksi otak terintegrasi (*integrated brain-protection model*) sejak fase prenatal hingga usia lima tahun. Model ini menuntut inkorporasi teknologi penilaian neurodevelopmental, seperti skrining genetik dan neural monitoring ke dalam protokol standar pelayanan primer yang selama ini hanya mengandalkan kurva pertumbuhan fisik. Implikasi klinisnya, tenaga kesehatan perlu dilengkapi kompetensi baru untuk melakukan asesmen profil neurobehavioral secara rutin, sehingga intervensi dapat diberikan pada periode emas sebelum plastisitas otak menurun.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan moral dan motivasi selama proses penulisan naskah ini hingga selesai. Semoga hasil analisis ini dapat memberikan kontribusi teoretis yang bermanfaat bagi rekan sejawat dan peneliti selanjutnya.

REFERENSI

[1] Turesky TK, Escalante ES, Loh M, Gaab N. Longitudinal trajectories of brain development from infancy to school age and their relationship with literacy development. Proceedings of the National Academy of Sciences 2025;122. https://doi.org/10.1073/pnas.2414598122.

[2] Lewis L, Gresham B, Riegelman A, Ip KI. Neighborhood conditions and neurodevelopment: a systematic review of brain structure in children and adolescents. Dev Cogn Neurosci 2025;75:101600. https://doi.org/10.1016/j.dcn.2025.101600.

[3] Gonçalves R, Blaauwendraad S, Avraam D, Beneíto A, Charles M-A, Elhakeem A, et al. Early-life growth and emotional, behavior and cognitive outcomes in childhood and adolescence in the EU child cohort network: individual participant data meta-analysis of over 109,000 individuals. The Lancet Regional Health - Europe 2025;52:101247. https://doi.org/10.1016/j.lanepe.2025.101247.

[4] Gkintoni E, Panagioti M, Vassilopoulos SP, Nikolaou G, Boutsinas B, Vantarakis A. Leveraging AI-driven neuroimaging biomarkers for early detection and social function prediction in autism spectrum disorders: a systematic review. Healthcare 2025;13:1776.

https://doi.org/10.3390/healthcare13151776.

[5] Zahra S, Sinaga MAB, Sari SA, Fawaz RA, Azhima I. Deteksi dini tumbuh kembang anak dalam mencegah potensi stunting sejak dini. Jurnal Pendidikan Tambusai 2025;9:2036–41.

[6] Koshy B, Thilagarajan VV, Berkins S, Banerjee A, Srinivasan M, Livingstone RS, et al. Childhood brain morphometry in children with persistent stunting and catch-up growth. PLoS One 2025;20:e0306500. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0306500.

[7] Karima K, Lubis EJ, Nabila M, Khairani R, Nasution H. Early detection and optimization of early childhood growth and development. Eductum Journal Research 2026;5:56–60. https://doi.org/10.56495/ejr.v5i1.1423.

[8] WHO, UNICEF. Global report on children with developmental disabilities. 2023.

[9] Wondmagegn T, Girma B, Habtemariam Y. Prevalence and determinants of developmental delay among children in low- and middle-income countries: a systematic review and meta-analysis. Front Public Health 2024;12. https://doi.org/10.3389/fpubh.2024.1301524.

[10] Kemenkes. Hasil Survei Status Gizi Indonesia (SSGI) 2024 dalam angka. 2025.

[11] Liansyah TM, Widoseno A, Naufal I, Zahratulaini Z, Waraztuty I, Ibrahim T, et al. Primary healthcare physicians' readiness in addressing child stunting: a review of knowledge, attitudes, and practices in Aceh Province. AcTion: Aceh Nutrition Journal 2025;10:506. https://doi.org/10.30867/action.v10i2.2670.

[12] Awaludin AA, Nurrachmawati A, Fitriani AD, Casia Reski. The long-term impact of childhood stunting on cognitive development and educational outcomes. Jurnal Penelitian Pendidikan IPA 2025;11:70–7. https://doi.org/10.29303/jppipa.v11i8.12198.

[13] Mohammed Abdellatif G, Mahmoud Rasheed E, Ibrahim Metwally Mohammed M, Mohammed Hesham Ibrahim Ismail Y, Arab F. Severe pediatric malnutrition and it's impact on brain development: a comprehensive review. Archives of Clinical Neuropsychology 2024;53:6119–28.

[14] Roger K, Vannasing P, Tremblay J, Bringas Vega ML, Bryce CP, Rabinowitz A, et al. Early childhood malnutrition impairs adult resting brain function using near-infrared spectroscopy. Front Hum Neurosci 2024;17. https://doi.org/10.3389/fnhum.2023.1287488.

[15] Sideropoulos V, Draper A, Munoz-Chereau B, Ang L, Dockrell JE. Childhood stunting and cognitive development: a meta-analysis. J Glob Health 2025;15:04257. https://doi.org/10.7189/jogh.15.04257.

[16] Erwina Sumartini ES. Studi literatur: stunting dan masalah perkembangan motorik anak. Jurnal Kesehatan Mahardika 2023;10:14–23. https://doi.org/10.54867/jkm.v10i2.163.

[17] Schneider N, Hartweg M, O'Regan J, Beauchemin J, Redman L, Hsia DS, et al. Impact of a nutrient formulation on longitudinal myelination, cognition, and behavior from birth to 2 Years: a randomized clinical trial. Nutrients 2023;15:4439. https://doi.org/10.3390/nu15204439.

[18] Franklyn N, Kesavelu D, Joji P, Verma R, Wadhwa A, Ray C. Impact of key nutrients on brain and executive function development in infants and toddlers: a narrative review. Journal of Food and Nutrition Sciences 2022;10:19. https://doi.org/10.11648/j.jfns.20221001.14.

[19] Ayu Kevin Komala Dewi Mahayuna Putri P, Agung Oka Lely A, Gde Evayanti L. Hubungan antara status gizi dengan perkembangan kognitif pada anak usia 6-24 bulan. Aesculapius Medical Journal 2021;1:1–7.

[20] Xu J, Su W, Wang Y, Luo Y, Ye F, Xu Y, et al. Genetic analysis of 280 children with unexplained developmental delay or intellectual disability using whole exome sequencing. BMC Pediatr 2024;24:766. https://doi.org/10.1186/s12887-024-05245-5.

[21] Noor Khayati F, Agustiningrum R, Mulyaningsih D. Upaya optimalisasi pertumbuhan dan perkembangan anak usia pra sekolah melalui deteksi dini tumbuh kembang. Jurnal Inovas Dan Pengabdian Masyarakat Indonesia 2023;2:6–9. https://doi.org/10.26714/jipmi.v2i2.98.

[22] Zhang J, Xu Y, Liu Y, Yue L, Jin H, Chen Y, et al. Genetic testing for global developmental delay in early childhood. JAMA Netw Open 2024;7:e2415084. https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2024.15084.

[23] Hidalgo Robles Á, Paleg GS, Livingstone RW. Identifying and evaluating young children with developmental central hypotonia: an

overview of systematic reviews and tools. Healthcare 2024;12:493. https://doi.org/10.3390/healthcare12040493.

[24] Razak A, Johnston E, Sackett V, Clark M, Charlton M, Zhou L, et al. Early neurodevelopmental assessments for predicting long-term outcomes in infants at high risk of cerebral palsy. JAMA Netw Open 2024;7:e2413550. https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2024.13550.

[25] Davies-Kershaw H, Fahmida U, Htet MK, Kulkarni B, Faye B, Yanti D, et al. Anthropometric, biochemical, dietary, morbidity and well-being assessments in women and children in Indonesia, India and Senegal: a UKRI GCRF Action Against Stunting Hub protocol paper. BMJ Paediatr Open 2024;8:e001683. https://doi.org/10.1136/bmjpo-2022-001683.

[26] Khadijah Khadijah, Homsani Nasution, Amanah Putri Fadillah, Andina Zahra, Fannia Sri Juwita, Nia Alfiyalawati. Deteksi dini tumbuh kembang anak usia dini untuk mencegah stunting di masa keemasan perkembangan anak. Jurnal Ilmiah Kedokteran Dan Kesehatan 2025;5:577–89. https://doi.org/10.55606/klinik.v5i1.5894.

[27] Bertollo AG, Puntel CF, da Silva BV, Martins M, Bagatini MD, Ignácio ZM. Neurobiological relationships between neurodevelopmental disorders and mood disorders. Brain Sci 2025;15:307. https://doi.org/10.3390/brainsci15030307.

[28] Shaw KR, Salloum RG, Snyder PA. A translational model for early childhood intervention: developing, implementing, and scaling-up effective practices. Front Public Health 2023;11. https://doi.org/10.3389/fpubh.2023.1198206.

[29] Cioffredi L-A, Garner B, Maxwell JR, Merhar S, Peralta-Carcelen M, Scott LS, et al. Infant and early childhood physical health assessments in the Healthy Brain and Child Development (HBCD) Study. Dev Cogn Neurosci 2024;69:101414. https://doi.org/10.1016/j.dcn.2024.101414.

[30] Sowinska A, Pezoa Tudela R. Living with invisible medical disabilities: experiences and challenges of Chilean university students disclosed in medical consultations. Int J Qual Stud Health Well-Being 2023;18. https://doi.org/10.1080/17482631.2023.2221905.

[31] Chen S-B, Huang C-H, Weng S-C, Oyang Y-J. Detection of pediatric developmental delay with machine learning technologies. PLoS One 2025;20:e0324204. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0324204.

[32] Purssell E, Gould D. Undertaking qualitative reviews in nursing and education - A method of thematic analysis for students and clinicians. Int J Nurs Stud Adv 2021;3:100036. https://doi.org/10.1016/j.ijnsa.2021.100036.

[33] Schmidt L, Finnerty Mutlu AN, Elmore R, Olorisade BK, Thomas J, Higgins JPT. Data extraction methods for systematic review (semi) automation: Update of a living systematic review. F1000Res 2025;10:401. https://doi.org/10.12688/f1000research.51117.3.

[34] Sahinoglu E, Lo E, El Shahed A, Ly LG, Kalish BT, Cizmeci MN. Neonatal neuroplasticity and metaplasticity: bridging neuroscience to clinical practice. Pediatr Res 2026. https://doi.org/10.1038/s41390-026-04771-5.

[35] Spies M, Geyer K, Raab R, Brandt S, Meyer D, Günther J, et al. Child anthropometrics and neurodevelopment at 2 and 3 years of age following an antenatal lifestyle intervention in routine care: a secondary analysis from the cluster-randomised gelis trial. J Clin Med 2022;11:1688. https://doi.org/10.3390/jcm11061688.

[36] Wigati M, Nurlita AN, Gunawan IMA, Hendarta NY, Hasanbasri M, Helmyati S. Anthropometric kit development for stunted early detection among children under-two years old: providing a portable body length measurer. Open Access Maced J Med Sci 2022;10:852–9. https://doi.org/10.3889/oamjms.2022.8952.

[37] Schneider J, Fischer Fumeaux CJ. Nutrition and neurodevelopmental outcomes. Pediatr Clin North Am 2025;72:901–18. https://doi.org/10.1016/j.pcl.2025.05.005.

[38] Bulgarelli C, Blasi A, McCann S, Milosavljevic B, Ghillia G, Mbye E, et al. Growth in early infancy drives optimal brain functional connectivity which predicts cognitive flexibility in later childhood. Elife 2024. https://doi.org/10.1101/2024.01.02.573930.

[39] Hadders Algra M. The developing brain: challenges and opportunities to promote school readiness in young children at risk of

neurodevelopmental disorders in low- and middle-income countries. Front Pediatr 2022;10. https://doi.org/10.3389/fped.2022.989518.

[40] Cioffredi L-A, Yerby LG, Burris HH, Cole KM, Engel SM, Murray TM, et al. Assessing prenatal and early childhood social and environmental determinants of health in the Healthy Brain and Child Development Study (HBCD). Dev Cogn Neurosci 2024;69:101429. https://doi.org/10.1016/j.dcn.2024.101429.

[41] Volkow ND, Gordon JA, Bianchi DW, Chiang MF, Clayton JA, Klein WM, et al. The Healthy Brain and Child Development study (HBCD): NIH collaboration to understand the impacts of prenatal and early life experiences on brain development. Dev Cogn Neurosci 2024;69:101423. https://doi.org/10.1016/j.dcn.2024.101423.

[42] Hidalgo Robles Á, Paleg GS, Livingstone RW. Identifying and evaluating young children with developmental central hypotonia: an overview of systematic reviews and tools. Healthcare 2024;12:493. https://doi.org/10.3390/healthcare12040493.

[43] Bondi BC, Tassone VK, Bucsea O, Desrocher M, Pepler DJ. A systematic review of neurodevelopmental assessments in infancy and early childhood: developing a conceptual framework, fepository of measures, and clinical recommendations. Neuropsychol Rev 2025;35:337–53. https://doi.org/10.1007/s11065-024-09641-7.

[44] Sun H, Li Q, Xiao R, Zhang Z, Yang X, Yang J, et al. A structural MRI study of global developmental delay in infants (<2 years old). Front Neurol 2022;13. https://doi.org/10.3389/fneur.2022.952405.

[45] Caesar RA, Boyd RN, Cioni G, Ware RS, Doherty J, Jackson MP, et al. Early detection of developmental delay in infants born very preterm or with very low birthweight. Dev Med Child Neurol 2023;65:346–57. https://doi.org/10.1111/dmcn.15381.

[46] Filippi CA, Massera A, Xing J, Martinez Agulleiro L. Early-life neural correlates of behavioral inhibition and anxiety risk. Neuropsychopharmacology 2026;51:95–113. https://doi.org/10.1038/s41386-025-02235-8.

[47] Royer J, Kebets V, Piguet C, Chen J, Ooi LQR, Kirschner M, et al. Multimodal neural correlates of childhood psychopathology. Elife 2024;13. https://doi.org/10.7554/eLife.87992.

[48] Karami M, Madlool H. Artificial intelligence and digital health in the health systems of developing countries: the challenges and vision of integration in the primary health care setting. Front Digit Health 2025;7. https://doi.org/10.3389/fdgth.2025.1532361.

[49] Jackman M, Morgan C, Luke C, Korostenski L, Zawada K, Juarez M, et al. The predictive validity of HINE, Bayley, general movements and MOS-R in infancy. Early Hum Dev 2025;203:106226. https://doi.org/10.1016/j.earlhumdev.2025.106226.

[50] Dicanio D, Spoto G, Alibrandi A, Minutoli R, Nicotera AG, Di Rosa G. Long-term predictivity of early neurological assessment and developmental trajectories in low-risk preterm infants. Front Neurol 2022;13. https://doi.org/10.3389/fneur.2022.958682.

[51] Mello DF de, Gomes-Sponholz FA, Fonseca LMM, Bardivia CB. Sustainable development goals, nurturing care and child development monitoring: educational perspectives in nursing. Rev Bras Enferm 2025;78. https://doi.org/10.1590/0034-7167-2024-0248.

[52] Kim Y. Journal statistics in 2022 and future development directions of child health nursing research. Child Health Nursing Research 2023;29:5–6. https://doi.org/10.4094/chnr.2023.29.1.5.

[53] de Lagran MM, Bascon-Cardozo K, Dierssen M. Neurodevelopmental disorders: 2024 update. Free Neuropathol 2024;5. https://doi.org/10.17879/freeneuropathology-2024-5734.

[54] Hong-Min ZHU, Chun-Hui Y, Zhi-Sheng LIU. Recent research on neurodevelopmental disorders in children. Chinese Journal of Contemporary Pediatrics 2023;25:91–7. https://doi.org/10.7499/j.issn.1008-8830.2208171.

[55] Poblete RA, Yaceczko S, Aliakbar R, Saini P, Hazany S, Breit H, et al. Optimization of nutrition after brain injury: mechanistic and therapeutic considerations. Biomedicines 2023;11:2551. https://doi.org/10.3390/biomedicines11092551.

[56] Tran The J, Magistretti PJ, Ansermet F. The critical periods of cerebral plasticity: a key aspect in a dialog between psychoanalysis and neuroscience centered on the psychopathology of schizophrenia. Front Mol Neurosci 2022;15. https://doi.org/10.3389/fnmol.2022.1057539.

[57] Sydnor VJ, Satterthwaite TD. Neuroimaging of plasticity mechanisms in the human brain: from critical periods to psychiatric conditions. Neuropsychopharmacology 2023;48:219–20. https://doi.org/10.1038/s41386-022-01415-0.

[58] Sharn AR, Oliveros E, Lai S, Sanchez CP, Villa-Real Guno MJ, Rojas Montenegro C. Multi-faceted nutritional interventions are imperative to reduction of stunting among children in low- and middle-income countries. Front Nutr 2025;12. https://doi.org/10.3389/fnut.2025.1479850.

[59] Burns W, Haffner D, Chaudhari BP. Advances in genetic testing of neurologically abnormal neonates in the neonatal intensive care unit. Clin Perinatol 2025;52:271–88. https://doi.org/10.1016/j.clp.2025.02.006.

[60] Razak A, Johnston E, Sackett V, Clark M, Charlton M, Zhou L, et al. Early neurodevelopmental nssessments for predicting long-term outcomes in infants at high risk of cerebral palsy. JAMA Netw Open 2024;7:e2413550. https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2024.13550.

[61] Wang T, Tan J-Y (Benjamin), Liu X-L, Zhao I. Barriers and enablers to implementing clinical practice guidelines in primary care: an overview of systematic reviews. BMJ Open 2023;13:e062158. https://doi.org/10.1136/bmjopen-2022-062158.

[62] Shah H, Ramachandraiah R, Sabbella C, Joshi S, Hegde PR, Patley R, et al. Barriers and facilitators for translating skills into clinical practice in primary psychiatry care: primary care doctors' survey through the lens of implementation research. Indian J Psychol Med 2025. https://doi.org/10.1177/02537176251369080.

[63] Dani A, Gudeshian M, Honein-Abou Haidar G, Halajian C, Charafeddine L. Perspectives of paediatricians on developmental surveillance and screening in a low- to middle-income country: a qualitative study. BMJ Paediatr Open 2026;10:e003991. https://doi.org/10.1136/bmjpo-2025-003991.

[64] Borkhoff CM, Imsirovic H, Bayoumi I, Macarthur C, Nurse KM, To T, et al. Screening for developmental delay at 18 months using the infant toddler checklist: a validation study. PLoS One 2025;20:e0326751. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0326751.

[65] Oo NNL, Ng DCC, Ostbye T, Allen JC, Agarwal PK, Yeleswarapu SP, et al. Novel two-tiered developmental screening programme for Singaporean toddlers: a quality improvement report. BMJ Open Qual 2021;10:e001327. https://doi.org/10.1136/bmjoq-2020-001327.

[66] Santos MT dos, Halberstadt BMK, Trindade CRP da, Lima MAD da S, Aued GK. Continuity and coordination of care: conceptual interface and nurses' contributions. Revista Da Escola de Enfermagem Da USP 2022;56. https://doi.org/10.1590/1980-220x-reeusp-2022-0100en.

[67] Miller EB, Roby E, Zhang Y, Coskun L, Rosas JM, Scott MA, et al. Promoting cognitive stimulation in parents across infancy and toddlerhood: a randomized clinical trial. J Pediatr 2023;255:159-165.e4. https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2022.11.013.

[68] Bresolin P, Steindal SA, Bingen HM, Zlamal J, Gue Martini J, Petersen EK, et al. Technology-supported guidance models to stimulate nursing students' self-efficacy in clinical practice: scoping review. JMIR Nurs 2024;7:e54443. https://doi.org/10.2196/54443.

[69] Bae KS, Roh YS. Effects of a multifaceted neurological assessment educational program in nursing students: A randomized crossover study. Nurse Educ Pract 2022;63:103378. https://doi.org/10.1016/j.nepr.2022.103378.

[70] Chang N, Sperber A, Casazza M, Ciraulo L, Teeyagura P, Rasmussen L. Knowledge and practice gaps in pediatric neurocritical care nursing: lessons learned from a specialized educational boot camp. Crit Care Explor 2023;5:e1018. https://doi.org/10.1097/CCE.0000000000001018.

[71] Wilandika A, Pandin MGR, Yusuf A. The roles of nurses in supporting health literacy: a scoping review. Front Public Health 2023;11.

https://doi.org/10.3389/fpubh.2023.1022803.

[72] Chang N, Louderback L, Hammett H, Hildebrandt K, Prendergast E, Sperber A, et al. Multidisciplinary consensus on curricular priorities for pediatric neurocritical care nursing education: a modified delphi study in the united states. Neurocrit Care 2024;41:568–75. https://doi.org/10.1007/s12028-024-01976-6.