



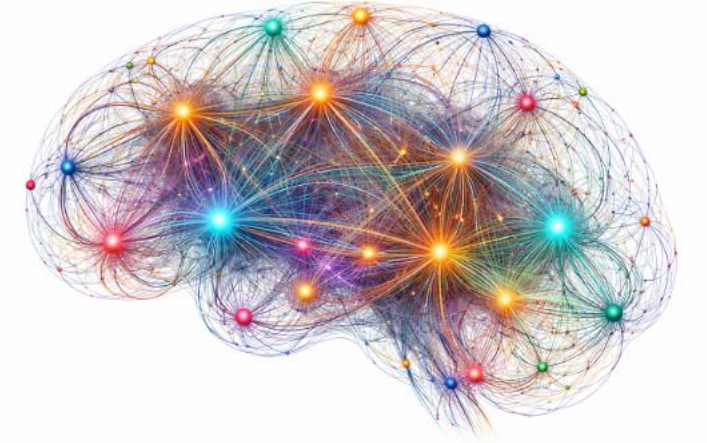
Multimodal Beyin Görüntüleme ve Konnektomiks

Yüksek Riskli Yenidoğanlarda

Prognozdan Erken Müdahaleye



Dr. Leman Tekin Orgun
Kocaeli Üniversitesi Tıp Fakültesi
Çocuk Nörolojisi Bilim Dalı



Sunum planı

Neuro-multimodal monitorizasyon

Riskli bebeklerde prognoz

Multimodal nörogörüntüleme nedir?

Riskli bebeklerde iyi bildiğimiz görüntüleme modaliteleri

Ufkumuzu açacak yeni görüntüleme modaliteleri

Konnektom

Multimodal görüntülemenin erken müdahalelerdeki yeri

Gelecekte bizi neler bekliyor?

‘Neuro-multimodal monitorizasyon’ kavramı ilk kez 2014 yılında Nörokritik Bakım Derneği (NCS) tarafından yayınlanan “Uluslararası çok disiplinli uzman görüş birliği özeti” ile vurgulanmıştır

Brain Research Bulletin 233 (2025) 111627

Practice Guideline > Intensive Care Med. 2014 Sep;40(9):1189-209.

doi: 10.1007/s00134-014-3369-6. Epub 2014 Aug 20.

Consensus summary statement of the International Multidisciplinary Consensus Conference on Multimodality Monitoring in Neurocritical Care : a statement for healthcare professionals from the Neurocritical Care Society and the European Society of Intensive Care Medicine

Nöral Multimodal Monitorizasyon

Kritik durumdaki hastalarda **anlık fizyolojik, metabolik ve hemodinamik değişikliklerin monitorize edilebilmesi, tedavinin dinamik bir şekilde yönetilebilmesi, ayrıca beyin hasarının şiddetinin saptanması ve prognozun tahmininde** gerçek zamanlı ve kapsamlı bir şekilde değerlendirme yapabilmek amacıyla **birden fazla nöromonitorizasyon teknolojisini entegre bir şekilde kullanmaktır.**

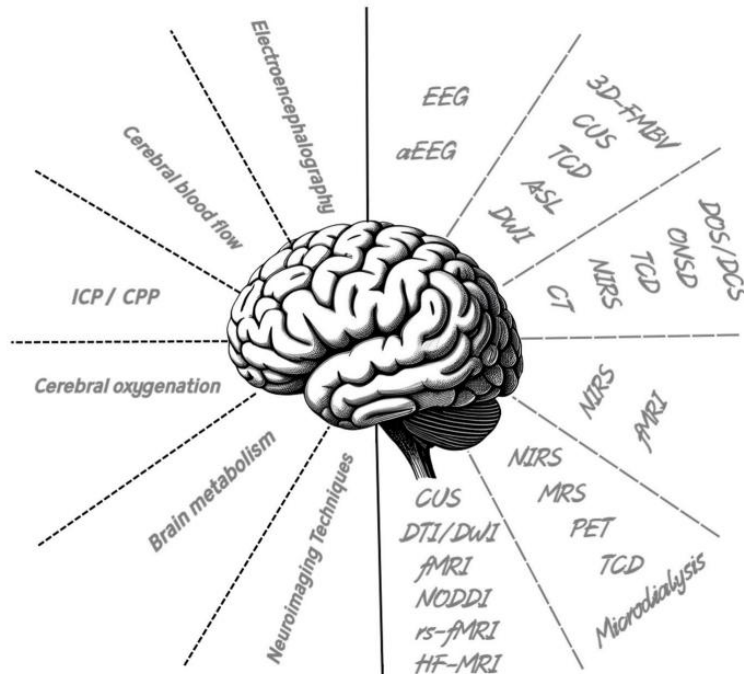


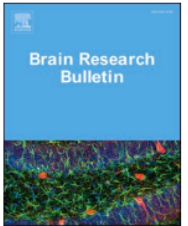
Fig. 1. Neuro-multimodal monitoring in neonatal brain injury.



Contents lists available at [ScienceDirect](https://www.sciencedirect.com)

Brain Research Bulletin

journal homepage: www.elsevier.com/locate/brainresbull



Review

Neuro-multimodal monitoring in neonatal brain injury: Current applications, challenges, and future directions

Junyi Wang^{a,b}, Yun Yan^a, Yunchuan Shen^{a,b}, Chan Zhang^{a,b}, Fengling Du^{a,b}, Mei Luo^{a,b}, Shuai Zhao^{a,b}, Rong Zhang^{a,b}, Wenbin Dong^{a,b,*}

^a Department of Neonatology, Children's Medical Center, The Affiliated Hospital of Southwest Medical University, Luzhou, Sichuan 646000, China

^b Sichuan Clinical Research Center for Birth Defects, Luzhou, Sichuan 646000, China



Prematüre bebekler---- mortalite & morbidite

Günümüzde

<32 hafta doğan prematüre
bebeklerin %80–90'ı

yaşatılabiliyor



Bu bebeklerin

- %40–50'sinde motor, bilişsel ve davranışsal alanları kapsayan nörogelişimsel bozukluklar
- %5–15'inde serebral palsi riski

Riskli bebeklerde artmış **epilepsi, otizm, ADHD davranış problemleri**
işitme, görme ve ortopedik sorunlar

Stoll et al., 2015; Johnson & Marlow, 2017; Twilhaar et al., 2018; Oskoui et al., 2013

RİSKLİ BEBEKLERDE BUZDAĞI

Erken dönemde görülen bulgular



Tonus bozukluğu



Beslenme sorunu



Motor gecikme



Nöbet



Asimetri

Daha sonra ortaya çıkan ve sıklıkla kaçırlan sorunlar



Akademik başarısızlık



Akademik başarısızlık



Öğrenme güçlüğü



Dikkat eksikliği (ADHD)



Yürütücü işlev bozukluğu



Yürütücü işlev bozukluğu



Davranış problemleri



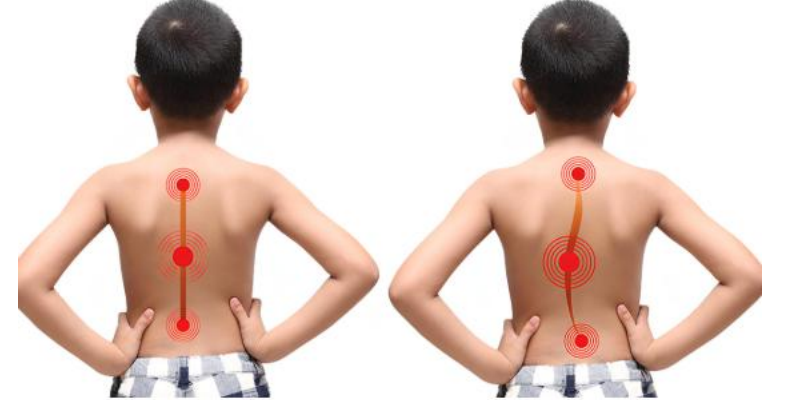
Dil ve iletişim sorunları



Sosyal uyum sorunları

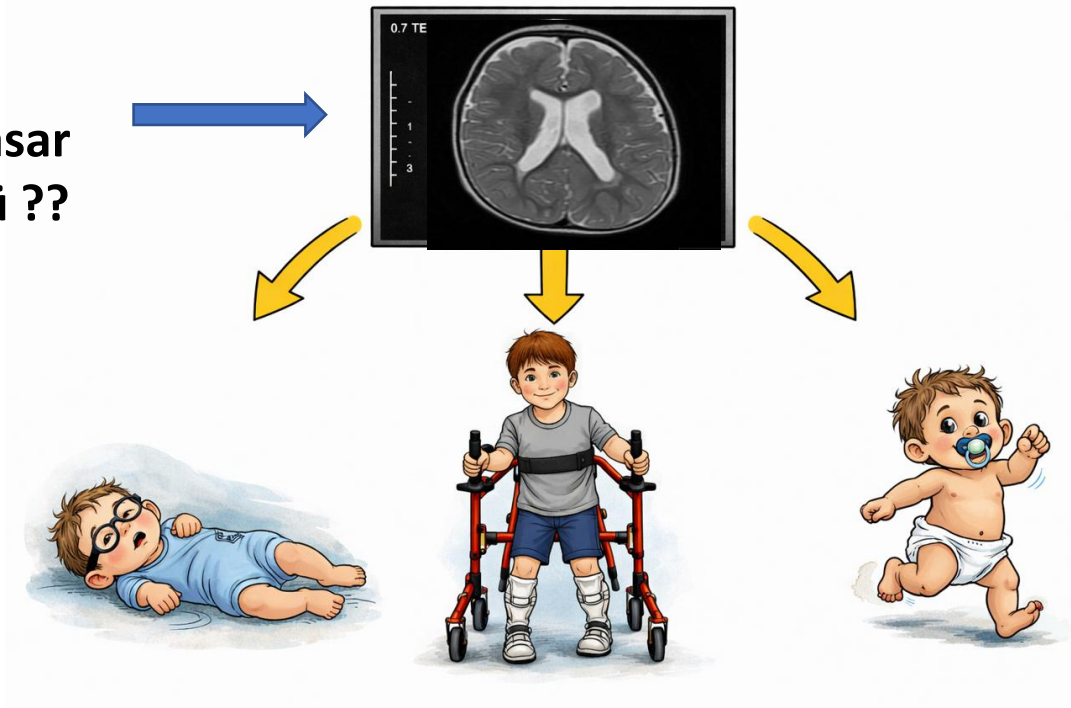


**Koca yürekli
küçük savaşçılarda
zamanında müdahale
çok önemli olan
Prognozu nasıl doğru tahmin edelim**



Aynı MRG + Aynı erken müdahale-destek neden farklı klinik sonuçlar?

Riskli bebek
MSS'de yapısal hasar
Prognoz öngörüsü ??



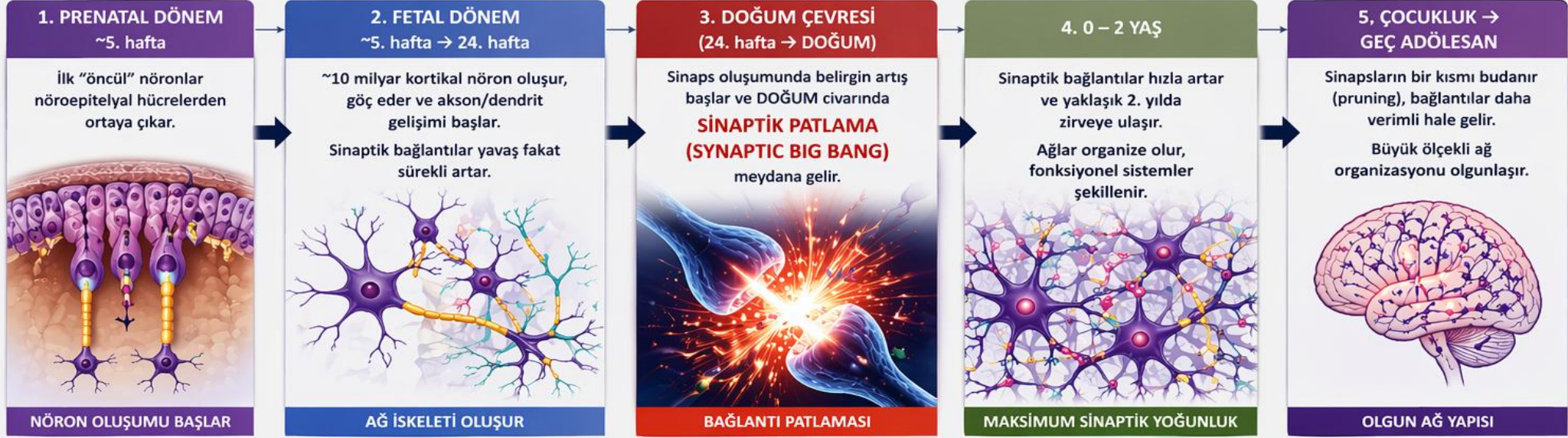
Farklı
Network
Hasarı

- Bir bebekte MR normal olsa bile nörogelişimsel etkilenme görebilir miyiz?
- Aynı MR bulgularına sahip iki yenidoğan tamamen farklı nörogelişimsel geleceğe sahip olabilir mi?

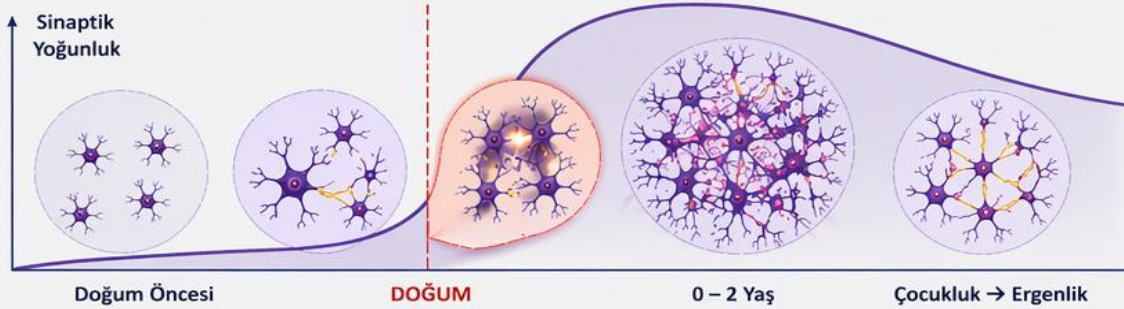
Bu farkı açıklayan şey çoğu zaman gördüğümüz lezyon değil, **göremediğimiz bağlantıların-ağın hasarlanmasıdır.**

BEYİN GELİŞİMİ: NÖRONDAN AĞA

Erişkin serebral beyin ağı, karmaşık bir gelişimsel sürecin sonucudur.



SİNAPTİK YOĞUNLUK ZAMAN İÇİNDE



PREMATÜRİTE = KRİTİK DÖNEMDE KESİNTİ



- Doğumdan önce gerçekleşen doğum;
- Bağlantı patlamasını ve ağ organizasyonunu etkiler.
- Konnektom gelişimi risk altına girer.
- Uzun dönem nörogelişimsel sonuçları etkileyebilir.

HİE (HİPOKSİK-İSKEMİK ENSEFALOPATİ) = SAĞKALIM SONRASI BEYİN HASARI



- Doğum çevresinde oksijen ve kan akımının azalması;
- Nöron kaybı, sinaptik hasar ve ağ bozulmasına yol açar.
- Özellikle motor, kognitif ve dil gelişimini etkileyebilir.
- Erken tanı ve tedavi nörogelişimsel sonuçları iyileştirebilir.

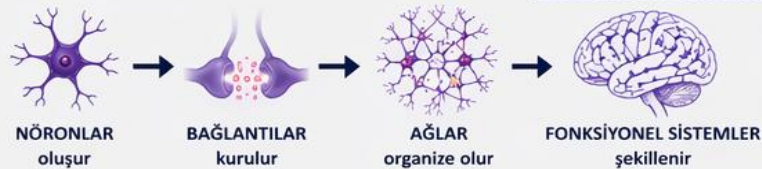
ANA MESAJ

Doğum çevresi dönem, kortikal konnektomun oluşumu açısından KRİTİK bir zaman dilimidir.

Prematürite ve HİE bu süreci bozarak uzun dönem nörogelişimsel sonuçlara yol açabilir.



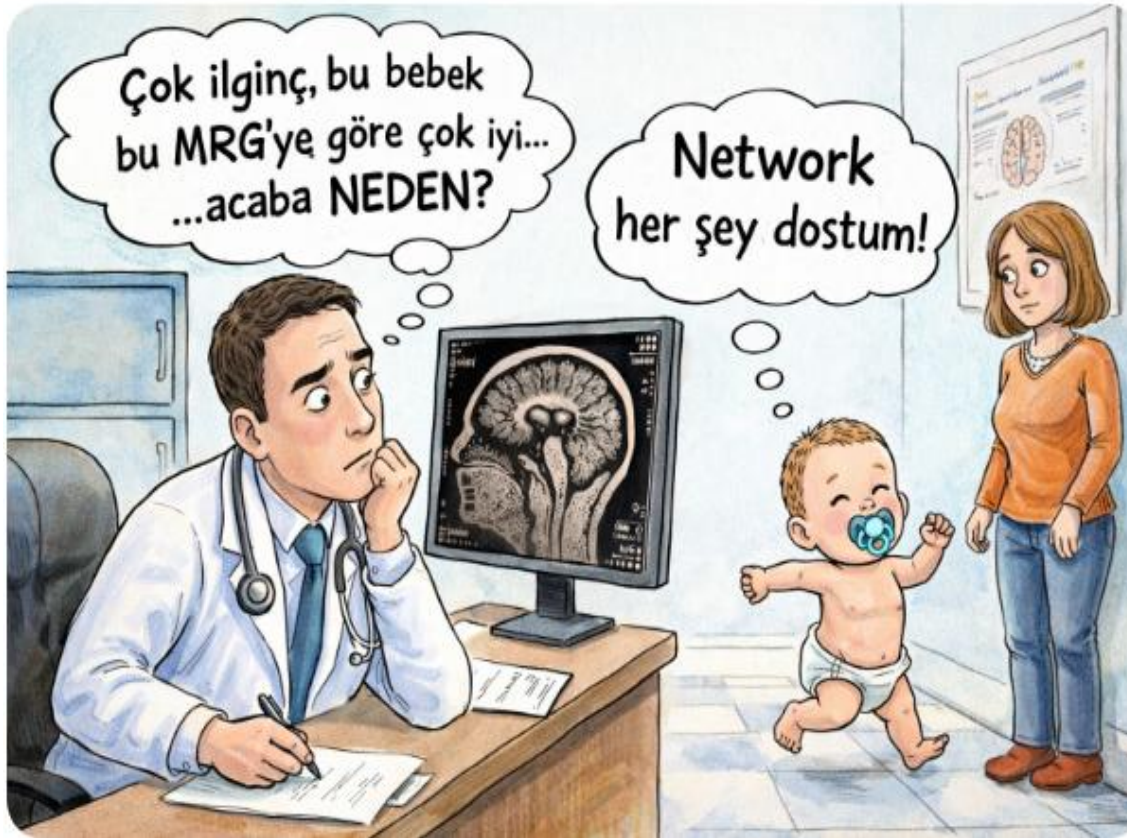
“Beyin gelişimi, nöron sayısından çok **bağlantıların** organizasyonudur.”



Barış bebek – Savaş bebek

Aynı haftada ve benzer kiloda doğdular...

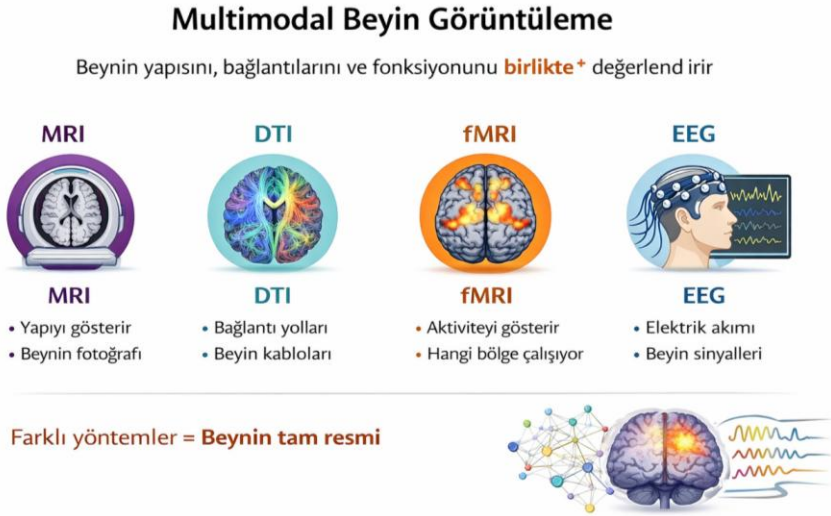
Ama biri savaş verirken, diğeri barış içinde büyüdü.



Multimodal nörogörüntüleme nedir?

Multimodal görüntüleme; yalnızca **yapısal hasarın** değil bu yapının **ağ düzeyindeki organizasyonunu(konnektom)** ve **bağlantıların fonksiyonel karşılığını** birlikte değerlendirebilmek için farklı görüntüleme modalitelerinin birlikte kullanıldığı bütüncül bir yaklaşımdır

Böylece tek bir yöntemin göremeyeceği çok daha bütünsel bir resim elde edilebilir



Beyni artık izole bölgelerden oluşan bir organ olarak değil bir ağ_olarak değerlendiriyoruz.

Bu ağ içerisindeki erken bağlantı bozuklukları nörogelişimsel sonucu belirlemede kritik rol oynuyor

Sadece tanı koymak için değil aynı zamanda **erken dönemde prognozu öngörmek ve hastayı doğru müdahaleye yönlendirmek** için güçlü araçlara ihtiyacımız var.

Beynin daha detaylı, gerçekçi ve klinik olarak anlamlı resmini ortaya çıkarmak için

•Yapay zeka entegrasyonu

•Radiomics yaklaşımları

•Bireyselleştirilmiş prognoz

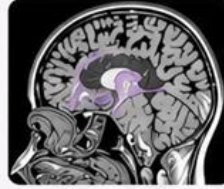
•Network hedefli tedaviler



1 YAPISAL (STRUCTURE)

Volumetrik Analiz burada yer alır.

- T1 MRI ile anatomik yapı
- Kortikal kalınlık ölçümü
- Bölgesel hacim hesaplaması



NE KADAR VAR?

Bölgenin büyüklüğünü ve yapısını gösterir.



NEDEN MULTİMODAL?

- ✓ Tek bir yöntem eksik bilgi verir.
- ✓ Çoklu modalite birlikte kullanıldığında **beynin tam resmi** ortaya çıkar.



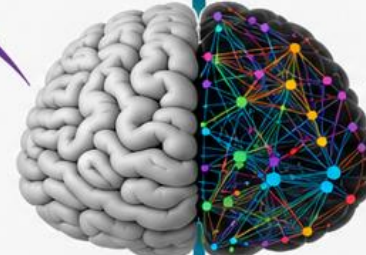
Volumetri = Binaların büyüklüğü

Konnektom = Yolların bağlantısı

Fonksiyonel = Şehrin elektrik ve aktivitesi

MULTİMODAL BEYİN GÖRÜNTÜLEME

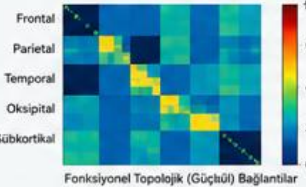
Beynin yapısal özelliklerini, bağlantılarını ve fonksiyonunu **birlikte** değerlendiren bütüncül bir yaklaşımdır.



2 BAĞLANTISAL (CONNECTIVITY)

DTI / Konnektom bu gruptadır.

- Beyaz cevher yollarının haritalanması (DTI)
- Beyin bölgeleri arası bağlantıların çıkarılması
- Ağ organizasyonu ve topolojik analiz (Graph Theory)



NASIL BAĞLI?

Bölgeler arasındaki yapısal bağlantı gücünü gösterir.



3 FONKSİYONEL (FUNCTION)

Beynin aktivitesini ve çalışmasını gösterir.

- fMRI ile aktivasyon haritaları
- EEG/a EEG ile elektriksel sinyaller
- fNIRS ile hemodinamik yanıtlar
- Bölgesel senkronizasyon analizi
- MRS ile beyin metabolitlerinin ölçümü (NAA, laktat vb.)



NASIL ÇALIŞIYOR?

Bölgenin fonksiyonel aktivitesini ortaya koyar.



KLİNİK ÖNEMİ



PREMATÜRE BEBEK

- Hacim normal görünebilir
- Bağlantılar zayıf olabilir
- Multimodal analiz gerçek etkiyi gösterir.



HİPOKSİK-İSKEMİK ENSEFALOPATİ

- Bölgesel hacim kaybı (volumetri)
- Ağlarda bağlantı kopması (konnektom)
- Fonksiyonel aktivite değişiklikleri (fMRI/EEG/fNIRS)
- Metabolik bozulma (MRS)
- Birlikte değerlendirme prognozu güçlendirir.



ÖZET CÜMLE: "Multimodal görüntüleme, beynin **ne kadarını** (yapısal), **nasıl** bağlı olduğunu (bağlantısal) ve **nasıl çalıştığını** (fonksiyonel) birlikte değerlendirerek bütünsel resmi ortaya koyar."

Prognoz - EEG / aEEG

➤ [PLoS One](#). 2016 Nov 1;11(11):e0165744. doi: 10.1371/journal.pone.0165744. eCollection 2016.

Amplitude Integrated Electroencephalogram as a Prognostic Tool in Neonates with Hypoxic-Ischemic Encephalopathy: A Systematic Review

Ruth Del Río ¹, Carlos Ochoa ², Ana Alarcon ^{1 3}, Juan Arnáez ⁴, Dorotea Blanco ⁵, Alfredo García-Alix ¹

Affiliations + expand

PMID: 27802300 PMCID: [PMC5089691](#) DOI: [10.1371/journal.pone.0165744](#) [🔗](#)

➤ [Seizure](#). 2024 Mar;116:133-139. doi: 10.1016/j.seizure.2022.12.007. Epub 2022 Dec 29.

The net impact of clinical seizures on outcome characteristics in infants with neonatal encephalopathies at 12 months of age

Hasan Tekgul ¹, Ozge A Koroğlu ², Mahir Tanrıverdi ³, Mehmet Yalaz ², Demet Terek ², Gül Aktan ⁴, Mete Akisu ², Nilgün Kültürsay ²

Affiliations + expand

PMID: 36588060 DOI: [10.1016/j.seizure.2022.12.007](#) [🔗](#)

➤ [Am J Transl Res](#). 2025 Jul 15;17(7):5025-5035. doi: 10.62347/YAEA4726. eCollection 2025.

aEEG as an early predictor of brain injury and prognosis in neonates with hypoxic-ischemic encephalopathy

Dan Wang ¹, Xiaomeng Zhang ², Xueping Zhang ³, Jing Li ¹, Linlin Wang ²

Affiliations + expand

PMID: 40821096 PMCID: [PMC12351569](#) DOI: [10.62347/YAEA4726](#) [🔗](#)

[Comparative Study](#) ➤ [J Clin Neurosci](#). 2024 Aug;126:148-153. doi: 10.1016/j.jocn.2024.06.012.

Epub 2024 Jun 17.

The clinical value of amplitude-integrated electroencephalography in a historical cohort with neonatal encephalopathy: A comparison of short-term versus prolonged-period monitoring

Hasan Tekgul ¹, Mehmet Yalaz ², Seda Kanmaz ³, Demet Terek ⁴, Gul Aktan ⁵, Ayfer Arduç Akcay ⁶, Ozge A Koroglu ⁴, Sanem Yilmaz ⁷, Mete Akisu ⁸, Nilgun Kultursay ⁹

Affiliations + expand

PMID: 38889593 DOI: [10.1016/j.jocn.2024.06.012](#) [🔗](#)

- SS - 34: Yenidoğan Yoğun Bakım Ünitesinde Yüksek Riskli Bebeklerde Uzun Süreli Multimodal EEG Monitorizasyonu: aEEG / c-video EEG Birlikte Kullanımı
Konuşmacı: Dr. Ezgi Üstün
- SS - 36: Fetal Manyetik Rezonans Görüntüleme İncelemesinde Ventrikülomegali Saptanan Hastaların Nörolojik İzlemi
Konuşmacı: Dr. Mustafa Halk
- SS - 38: Yenidoğan Yoğun Bakım Ünitesinde aEEG'nin Tanı ve İzlemedeki Yeri
Konuşmacı: Dr. Özlem Ateş Yaman

Kranial Ultrasonografi

TFUSG yenidoğan yoğun bakım ünitelerinde en kolay ulaşılır, en sık uygulanan nörogörüntüleme yöntemi

İVH saptamada USG ilk tercih
32 haftadan önce doğan ve 1500 g altındaki bebeklerde rutin kranial USG yapılması önerilmektedir.

USG ağır lezyonları (ventikulomegali, kistik PVL ve evre 3-4 İVH) saptamada MR ile benzer özgüllüğe sahip olsa da küçük kanamalar (< 4 mm) yalnızca beyin MR'ı ile ortaya konabilir.

Difüz beyaz cevher anormalliklerinde ve posterior fossada serebellar patolojilerin görüntülenmesinde ise MR daha etkindir.



Seminars in Fetal and Neonatal Medicine

Available online 21 March 2026, 101726

[In Press, Corrected Proof](#) [What's this?](#)



Diagnostic neuroimaging and early detection of germinal matrix hemorrhage-intraventricular hemorrhage

Mehmet N. Cizmeci ^a , Lara M. Leijser ^b, Linda S. de Vries ^c

En büyük avantajı :Hasta cihaza değil; cihaz hastaya gider

USG uygulayıcının tecrübesi ve verileri değerlendirmedeki yetkinliğine en önemli sınırlılık

Kranial Ultrasonografi

Hasta cihaza değil; cihaz hastaya gider
Anatomik görüntülemeden kritik karar desteğine

✓ GÜÇLÜ UZLAŞI

- ✓ Germinal matriks ve intraventrikuler kanama saptamada kullanılmalıdır
- ✓ Optik sinir kılıf çapı ile artmış intrakraniyal basıncı değerlendirmede yararlıdır

! UZLAŞI

- ! Serebral kan akımı değişiklikleri
- ! Serebral dolaşım arrestini düşündüren akım paternlerini saptamada yararlıdır
- ! Vazospazma bağlı serebral kan akımı değişiklikleri

i POCUS hızlı, erişilebilir ve yatak başı değerlendirme sağlayan güçlü bir araçtır; ancak çoğu durumda kesin tanı için ileri görüntüleme gereklidir.

TECHNICAL REPORT Guidance for the Clinician in Rendering Pediatric Care

American Academy
of Pediatrics



DEDICATED TO THE HEALTH OF ALL CHILDREN™

Use of Point-of-Care Ultrasonography in the NICU for Diagnostic and Procedural Purposes

Dan L. Stewart, MD, FAAP;^a Yasser Elsayed, MD, FRCPG;^b María V. Fraga, MD;^c Brian D. Coley, MD, FAAP, FACR;^d Aparna Annam, DO, FAAP;^e Sarah Sarvis Milla, MD, FAAP;^f and THE COMMITTEE ON FETUS AND NEWBORN AND SECTION ON RADIOLOGY

Singh et al. *Critical Care* (2020) 24:65
<https://doi.org/10.1186/s13054-020-2787-9>

Critical Care

RESEARCH

Open Access

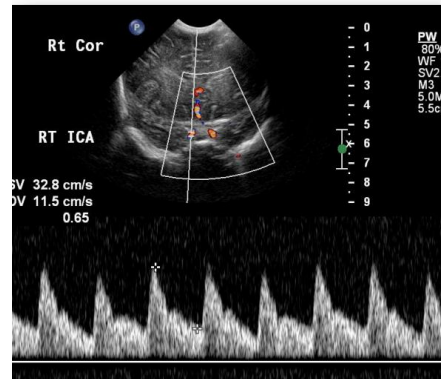
International evidence-based guidelines on Point of Care Ultrasound (POCUS) for critically ill neonates and children issued by the POCUS Working Group of the European Society of Paediatric and Neonatal Intensive Care (ESPNIC)



Yogen Singh^{1,2*}, Cecile Tissot^{3†}, María V. Fraga⁴, Nadya Yousef⁵, Rafael Gonzalez Cortes⁶, Jorge Lopez⁶, Joan Sanchez-de-Toledo⁷, Joe Brierley⁸, Juan Mayordomo Colunga⁹, Dusan Raffaj¹⁰, Eduardo Da Cruz¹¹, Philippe Durand¹², Peter Kenderessy¹³, Hans-Joerg Lang¹⁴, Akira Nishisaki¹⁵, Martin C. Kneyber¹⁶, Pierre Tissieres¹², Thomas W. Conlon¹⁵ and Daniele De Luca^{5,17}

Asfiksi Tanısında Doppler Rezistif İndeks (RI)

- Doppler Rezistif İndeks (RI) otoregülasyonun bozulduğunu gösterir
- Hipoksik bebeklerde **yaşamın ilk 24 saatinde** henüz vazojenik ödem oturmadan bakıldığında MCA, ACA ve baziler Arter (BA) $RI \leq 0.62$ olması → **% 95-99 doğruluk ile MR ile benzer sonuçlar verebilmiş**
- Asfikside MRG halen altın standarttır, ancak MR'a gidemeyecek kadar instabil olan veya MR imkanı olmayan merkezlerde klinisyene yatak başında değerlendirme şansı sunar



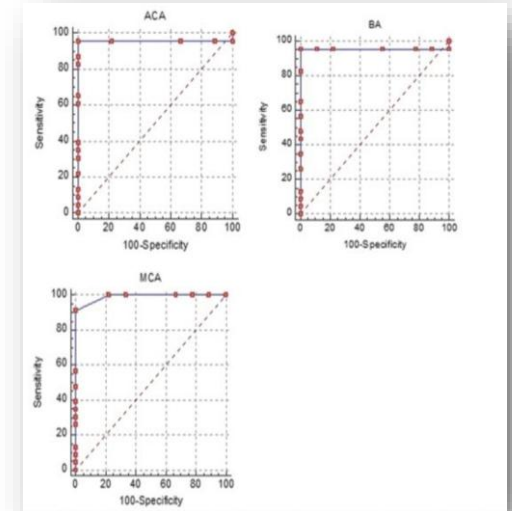
Multicenter Study > BMC Neurol. 2022 Mar 19;22(1):104. doi: 10.1186/s12883-022-02624-2.

Using Doppler sonography resistive index for the diagnosis of perinatal asphyxia: a multi-centered study

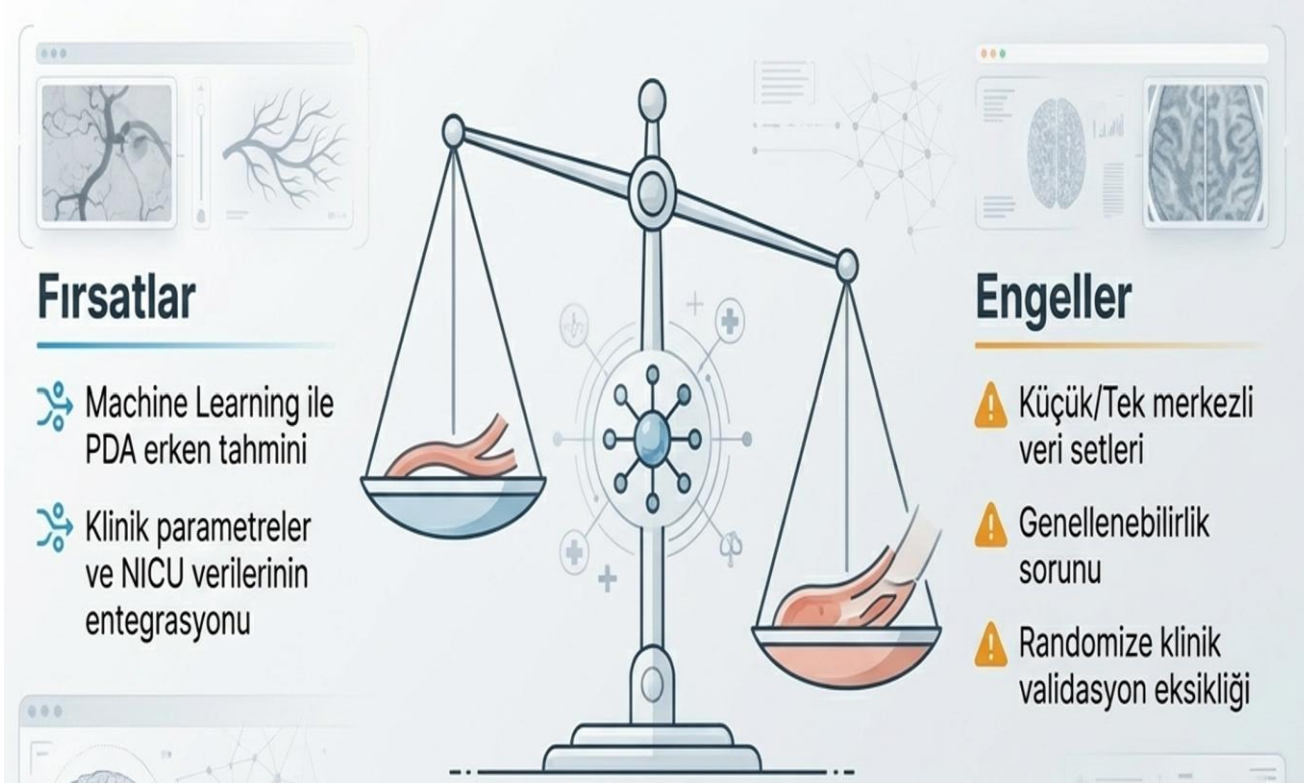
Parisa Pishdad¹, Fatemeh Yarmahmoodi¹, Tannaz Eghbali², Peyman Arasteh², Seyyed Mostajab Razavi³

Affiliations + expand

PMID: 35305562 PMID: PMC8934006 DOI: 10.1186/s12883-022-02624-2



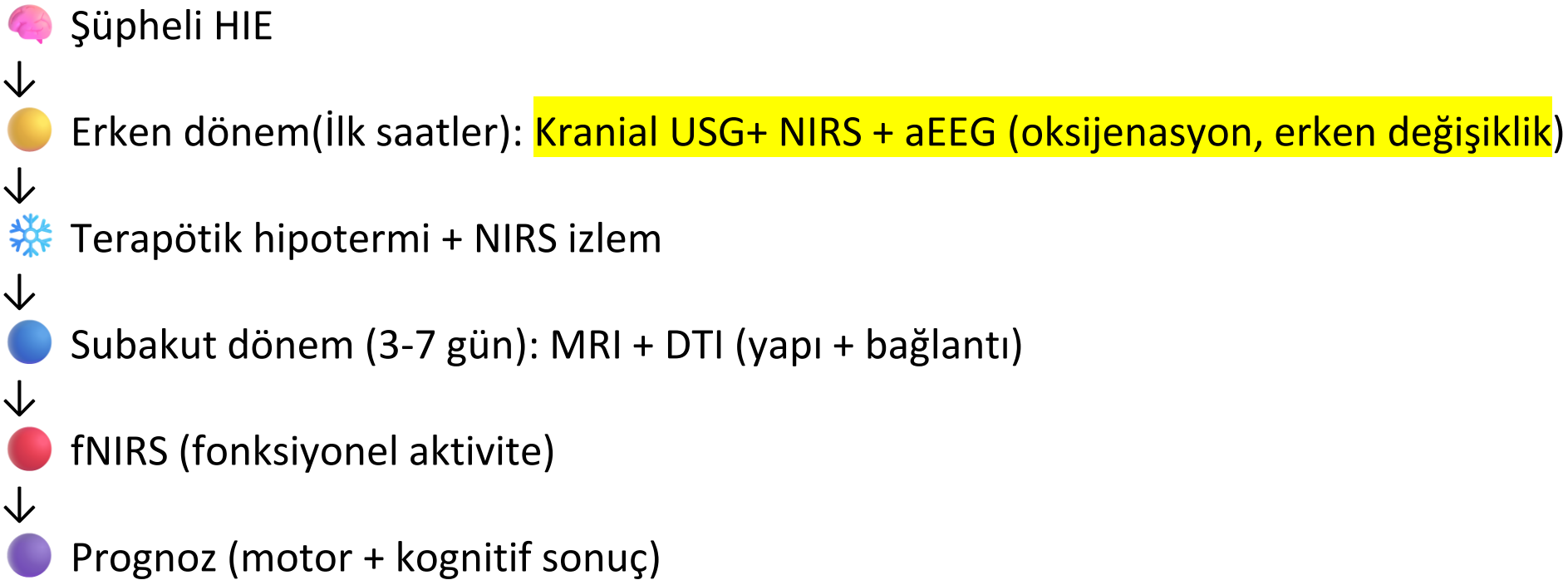
Yapay Zeka Destekli PDA ve HİE Yönetimi



Neonatal ensefalopatide USG

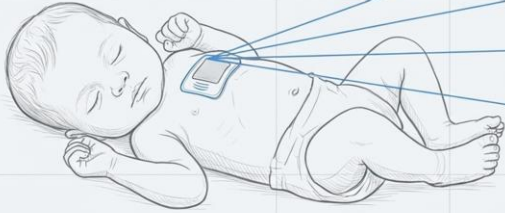
Kraniyal ultrasonografi erken dönemde majör intrakraniyal kanamayı dışlamak ve antenatal kökenli lezyonları ya da NE'yi taklit eden durumları yatak başında değerlendirme imkanı sunar

HIE Multimodal Imaging Algorithm



Anlık Çekimden Sürekli İzleme: Giyilebilir USG Yamaları

Ultrasonun anlık bir araçtan, sürekli bir monitörizasyon aracına evrilmesi. Yüksek riskli post-op bebeklerde hemodinamik izlem için kritik.



48 Saat Kesintisiz Kardiyak Fonksiyon



Sürekli Solunum Davranışı ve Çaba Analizi



Serebral Kan Akımı Değişimleri



Kas içi kan akışı ve doku sertliği

Mevcut Engeller

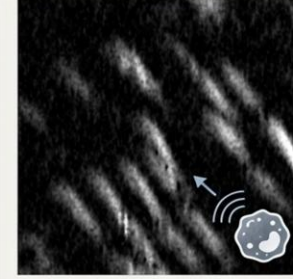
Derin doku çözünürlüğü kısıtlı, yüksek veri işleme gücü ihtiyacı, standardizasyon eksikliği.

Non-İnvaziv Menenjit Taraması (Yüksek Frekanslı US)

1. Tarama:

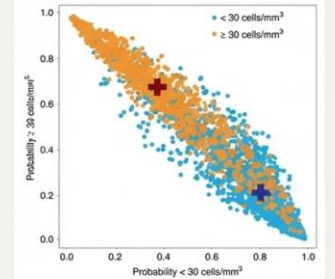


2. Sinyal Tespiti:



Cihaz, BOS içerisindeki Beyaz Kan Hücrelerinden (WBC) geri saçılan sinyalleri yakalar.

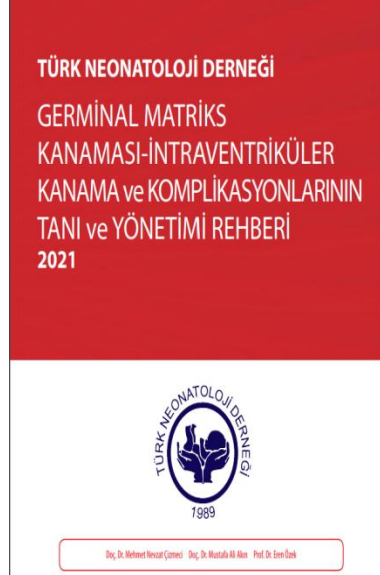
3. Algoritmik Analiz:



7 μ m boyutundaki partiküller sayılır ve hücre yoğunluğu hesaplanır.

Duyarlılık: %94.4 | **Özgüllük:** %94.8 | **Avantaj:** Lomber ponksiyon ihtiyacını ve enfeksiyon riskini azaltır. **Kısıtlılık:** Fontaneli 4 mm'den kalın veya BOS mesafesi <2 mm olan bebeklerde hassasiyet düşer.

- Tekrarlayan TFUSG uygulamaları ile oluşan beyin hasarı ve hasarın seyri ile bilgi elde edilmesi mümkündür.
- Taburculuk sonrası değerlendirmelerde de en sık kullanılan yöntem



Tablo 2. Preterm Bebeklerde KUS Tarama Protokolü (D2).

Gestasyon Haftası	İlk 24 saat içinde	72. saatin bitiminde	1. haftanın bitiminde	2. haftanın bitiminde	4. haftanın bitiminde	Sonraki takipler
<28 ^{0/7}	+	+	+	+	+	34 haftaya ulaşana kadar 2 hafta aralıklarla ve taburculukta
28 ^{0/7} - 31 ^{6/7}	-	+	+	+	+	Taburculukta

*Herhangi bir zamanda GMK-İVK tespit edilmesi halinde, kanama ve sonrasında gelişebilecek PHVD stabilize olan kadar kUS taramaları düşük evreli kanamalarda (Evre I ve Evre II) haftada en az 1 kere, ileri evreli kanamalarda (Evre III ve PVH) haftada en az 2 kere tekrarlanmalıdır.

**Araya giren sepsis, menenjit, ağır respiratuar bozukluklar, konjestif kalp yetmezliği gibi hemodinamik bozukluğa neden olabilecek hastalık durumunda, kUS tekrarlanmalıdır.

*** >32^{0/7} haftanın üzerindeki preterm grubunda, herhangi bir risk faktörünün varlığında veya sepsis, menenjit, ağır respiratuar bozukluklar, konjestif kalp yetmezliği gibi hemodinamik bozukluğa neden olabilecek hastalık durumunda kUS taraması yapılmalıdır.

- Difüz beyaz cevher anormalilerini ve posterior fossada serebellar patolojileri için USG yetersiz, MRG çekilmeli.
- Prematürelde terme yakın 38-42. haftalarda beyin MR'ı çekilmesi ile daha doğru prognostik öngörü olablilir mi?? Her bebeğe rutin yapılmalı mı? Ancak yeterli kanıt yok.
- Risk grubuna göre karar verilmeli, USG ve MRI birbirinin tamamlayıcısı olarak kullanılmalı

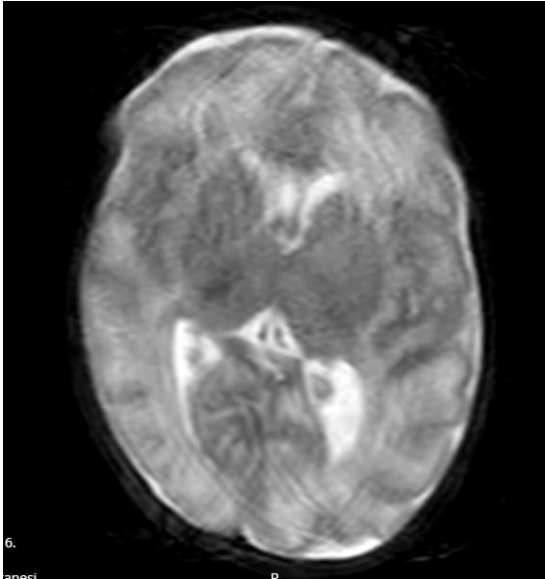
Prematürelere terme yakın MRG çekelim mi

MŞ

32 haftalık prm, monokoryonik
diamniyotik ikiz eşi

35 gün ydybü yatış

Beyin MR(düzeltilmiş 38. Haftada)

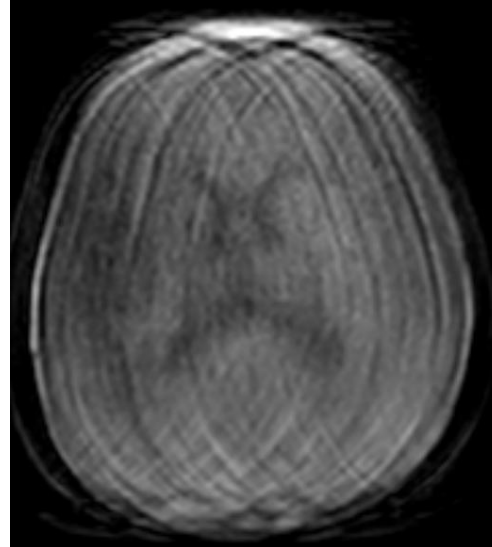


ALÖ

29 hf Prematürite

3 ay YDYB yatış , entübe olmamış. Ek
komplikasyon yok

Beyin MR(düzeltilmiş 38. hf):Tetkik hareket
artefaktları içermektedir



Neonatal ensefalopatide MRI temel görüntüleme yöntemi

Çekim zorlukları-Teknik Kısıtlılıklar

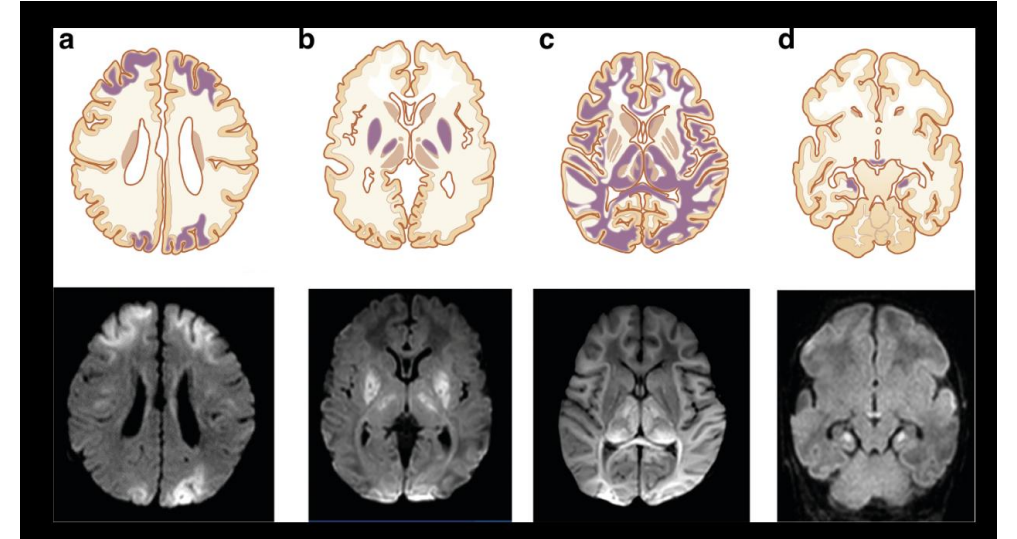
Yenidoğanlarda hareket artefaktları, düşük sinyal-gürültü oranı (SNR) ve beyaz madde miyelinizasyonunun henüz tamamlanmamış olması nedeniyle görüntü işleme zorlukları

MRG çekiminde doğru zaman, doğru teknik

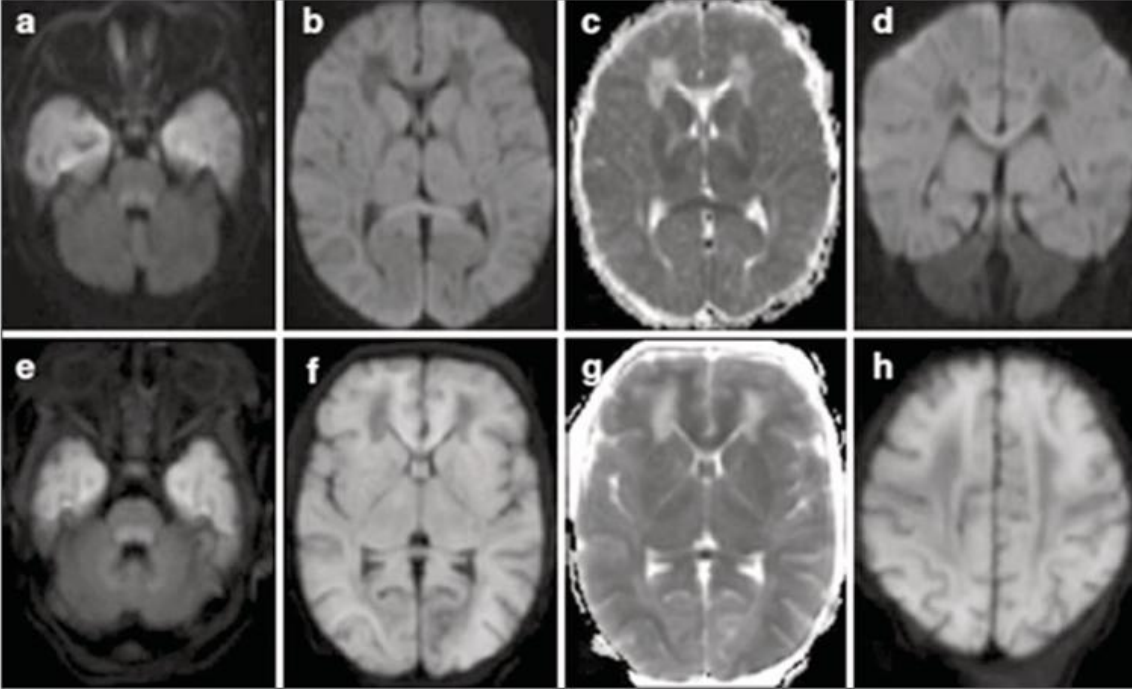
Akut, subakut ve kronik beyin hasarını saptamada yüksek duyarlılığı için MRI protokolü şu sekansları içermelidir:

- T1 ve T2 ağırlıklı görüntüler
- Difüzyon ağırlıklı görüntüleme (DWI) ve ADC haritaları
- SWI sekansı
- Manyetik rezonans spektroskopisi (MRS)

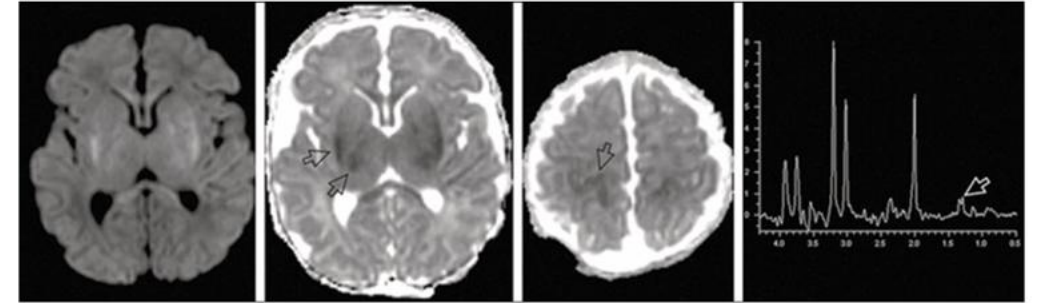
MRS, yalnızca hipoksik-iskemik hasarı saptamada değil, aynı zamanda metabolik hastalıklar gibi diğer durumları ortaya koymada da faydalıdır.



HİE MRG



RESİM 3: Hipoksik iskemik ensefalopatiye bağlı global etkilene manyetik rezonans (MR) görüntüsü (postnatal 4. gün). **(a-d)** Şiddetli neonatal ensefalopati. Aksiyel difüzyon ağırlıklı görüntüleme (DWI) **(a, b)**, aksiyel görünür difüzyon katsayısı (ADC) **(c)** ve koronal DWI **(d)**. MR görüntüleri. Yaygın sinyal anormallikleri ve kısıtlı difüzyon, DWI'da hiperintensite ve ADC'de hipointensite ile bazal ganglion-talamus (BGT), posterior pons, korteks ve serebral beyaz cevheri içerir. Serebellum nispeten korunmuş görünür. **(e-h)** Acil sezaryenle doğum yapan şiddetli ve uzun süreli asfiksiye maruz kalmış term bir yenidoğanda doğumdan 4 gün sonra yapılan kraniyal MR görüntüleme. Aksiyel DWI **(e, f, h)** ve aksiyel ADC **(g)** MR görüntüleri. Serebellum ise genel olarak korunmuş görünmektedir.



RESİM 4: Doğumdan 3 gün sonra klinik ensefalopati, solunum sıkıntısı ve doğumda perinatal depresyonu olan tam dönemli bir bebekte yapılan kraniyal MRI ve MRS **(e-h)**. Aksiyel difüzyon ağırlıklı görüntüleme (DWI) **(e)**, aksiyel görünür difüzyon katsayısı (ADC) **(f, g)** MR görüntüleri ve tek voxel MR spektroskopisi **(h)**. Kısıtlı difüzyon alanlarından (açık oklar) bazal ganglion-talamus (BGT) ve perirolandik kortekste bilateral ve simetrik hasar tanımlanmıştır. Tek bir voxel ve uzun eko süresi (TE 270) kullanılarak sol BGT'nin MR spektroskopisi örneği, anaerobik metabolizmadan kaynaklanan yüksek serebral laktat (1,3 ppm'de dublet tepe, ok işareti) ortaya koymuştur.⁷

HİE MRI zamanlaması kritik öneme sahiptir.

- Erken MRI (yaşamın 2–5. günleri) tanı ve prognoz için en uygundur.**
- ADC sinyali hasarın ilk günlerinde en düşük seviyeye ulaşır, ardından yükselir ve ikinci haftanın başında “psödonormalizasyon” görülür.

Bu nedenle, DWI’nin akut hasara duyarlılığını en iyi kullanabilmek için MRI mümkünse 2–5. günler arasında yapılmalıdır.

- Hipotermi sonrası (4–5. gün) yapılan MRI ise klinik pratikte daha uygulanabilir.**

Klinik ile görüntüleme arasında uyumsuzluk varsa veya şüphe devam ediyorsa, 10–14. günlerde tekrar MRI önerilir.

MRG çekiminde doğru zaman, doğru teknik

MS

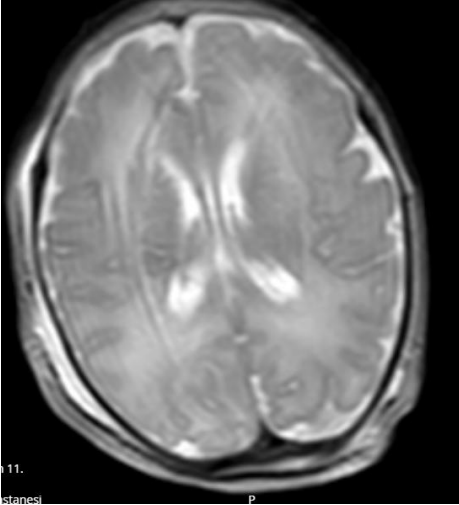
38 hf ,4800 gr, A

Evre III Asfiksi, brakial pleksus hasarı

Hipotermi tedavisi

1 ay ydybü yatış

Beyin MR (postnatal 7. gün)



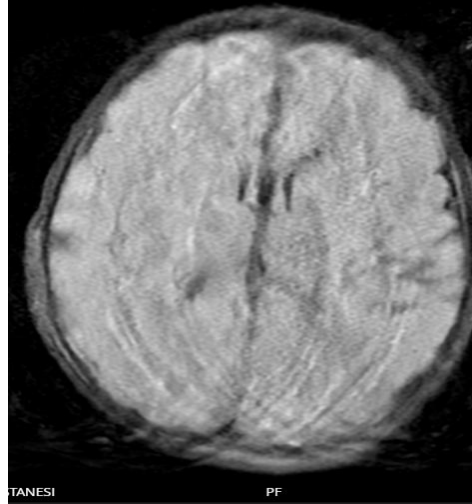
AAY

40 hf ,Asfiksi(vakumla doğum)

Hipotermi tedavisi

8 gün ydybü yatış

Beyin MR(postnatal 6. gün)



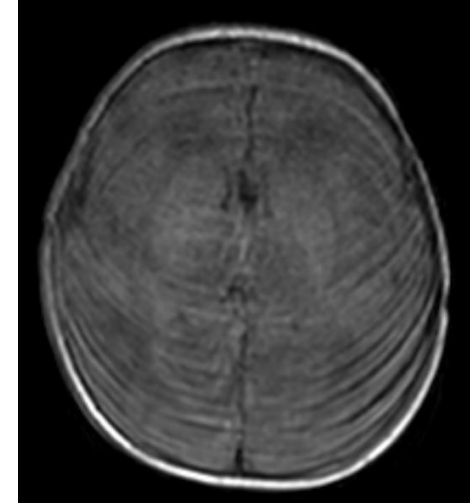
S.Ö

38 hf AsfiksiK doğum
(maternal hipotansiyon)

Hipotermi +

6 gün ydybü yatış

Beyin MR(postnatal 4. gün)

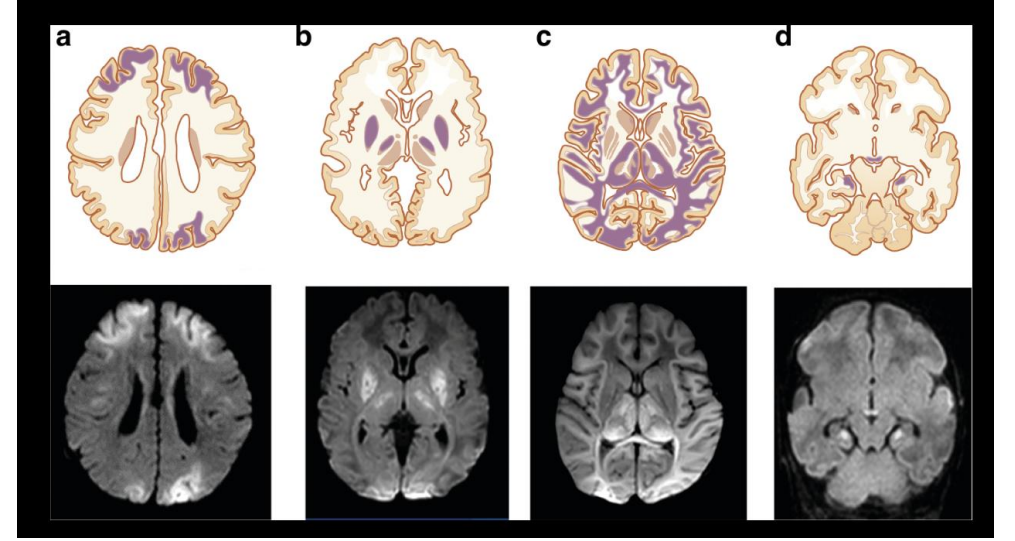
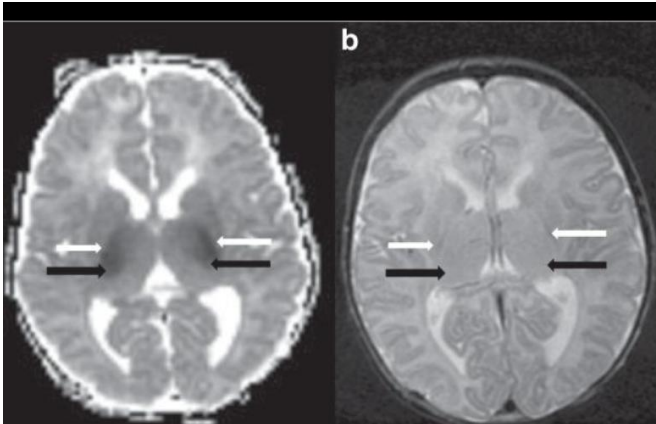


HİE'de MRG Bulguları ve Prognoz

Hasarın yeri, kaderi belirler

Kötü Prognoz: BGT hasarı, PLIC kaybı, global hasar

- Basal ganglia–talamus → kötü prognosis
- Watershed → kognitif etkilenim
- Beyaz cevher → değişken
- PLIC kaybı → ağır motor sekeller



> [AJNR Am J Neuroradiol.](#) 1998 Jan;19(1):143-9.

Prediction of neuromotor outcome in perinatal asphyxia: evaluation of MR scoring systems

[A J Barkovich](#)¹, [B L Hajnal](#), [D Vigneron](#), [A Sola](#), [J C Partridge](#), [F Allen](#), [D M Ferriero](#)

Affiliations + expand

PMID: 9432172 PMCID: [PMC8337350](#)

> [Pediatr Radiol.](#) 2010 Sep;40(9):1526-35. doi: 10.1007/s00247-010-1692-9. Epub 2010 May 29.

MR imaging of term infants with hypoxic-ischaemic encephalopathy as a predictor of neurodevelopmental outcome and late MRI appearances

[Eilish Twomey](#)¹, [Anne Twomey](#), [Stephanie Ryan](#), [John Murphy](#), [Veronica B Donoghue](#)

Affiliations + expand

PMID: 20512322 DOI: [10.1007/s00247-010-1692-9](#)

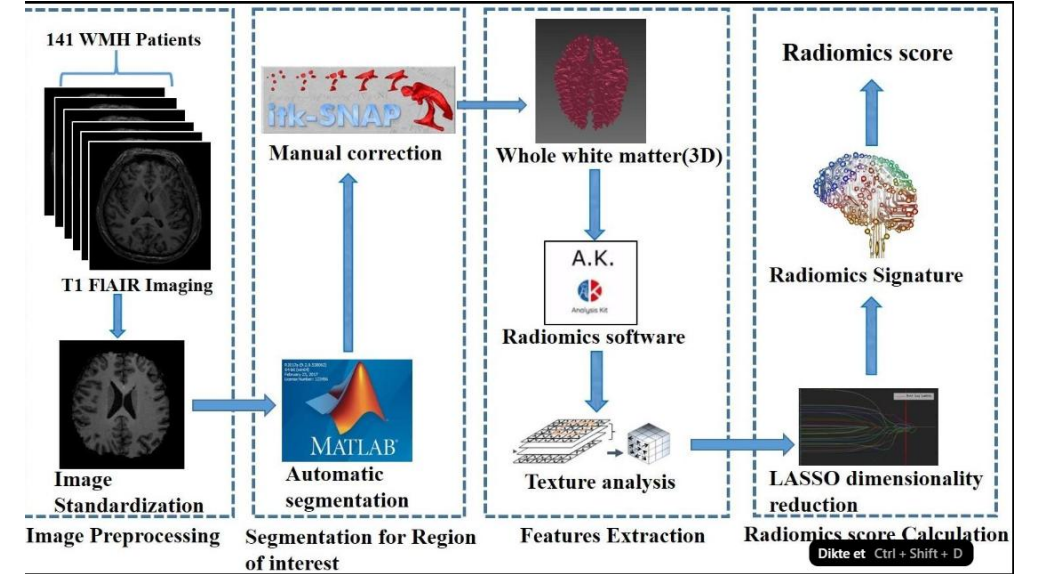
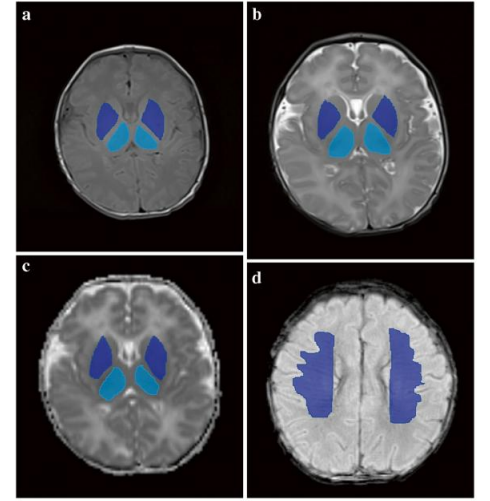
Anormal MR prognostik açıdan değerli
Peki ya normal MR görüntüsü olan HİE'li bebekler?

Radyoloji -Yapay zeka: Radiomiks

BT, MR veya PET gibi tıbbi görüntülerden insan gözünün ayırt edemeyeceği binlerce nicel veriyi (özellik) yapay zeka yardımıyla çıkarıp analizini ve bilgilerin işlenebilir verilere dönüştürülmesini ifade eden bir kantitatif radyoloji yöntemidir.

Bu veriler daha sonra özellik seçimi kullanılarak hastalık tahmini ve teşhisi için biyobelirteçler oluşturmak üzere analiz edilebilir.

Fig. 2 Radiomics analysis on axial magnetic resonance images in a 37-week-old male neonate with mild hypoxic ischemic encephalopathy. **a–c** Regions of interest were placed on the basal ganglia (dark blue) and thalami (light blue) on the axial T1-weighted (W) images (a), T2-W images (b) and apparent diffusion maps (c). **d** Susceptibility-weighted image with regions of interest placed on the deep medullary veins (dark blue)



> *Pediatr Radiol.* 2023 Aug;53(9):1927–1940. doi: 10.1007/s00247-023-05680-z. Epub 2023 May 15.

Can radiomics be used to detect hypoxic-ischemic encephalopathy in neonates without magnetic resonance imaging abnormalities?

Xiamei Zhuang¹, Ke Jin², Huashan Lin³, Junwei Li¹, Yan Yin¹, Xiao Dong¹

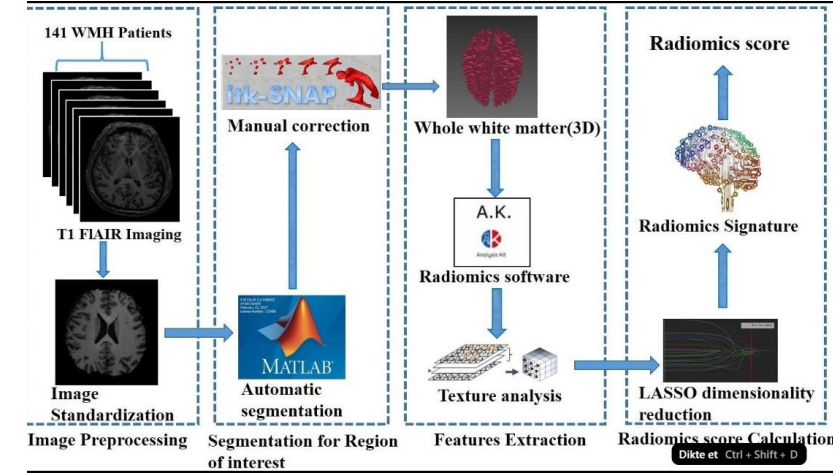
Affiliations + expand

PMID: 37183229 PMCID: [PMC10421781](#) DOI: [10.1007/s00247-023-05680-z](#)

Beyin MRG'si normal olan 38 HİE'li bebek- 89 sağlıklı bebek

Radiomics analizleri, özellikle SWI sekansı üzerinden, normal görünen MR'larda bile **HİE olan ve olmayan bebek %98 oranında doğru olarak ayırdı**

Sonuçlar SWI modeli ve birleşik nomogram modelinin, HİE'de beyin hasarını normal MRI'dan ayırt etmede kullanıma potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir. Bu modeller arasında, **SWI modeli en yüksek tanısal değeri sunmaktadır.**



Radiomics analizinde, yüksek boyutlu veriden anlamlı özellikleri seçmek için mRMR ve LASSO yöntemleri kullanılmış

Pediatric Radiology (2023) 53:1927–1940

1935

Table 3 Accuracy and predictive value of different models

	AUC	Accuracy	95%CI	Sensitivity	Specificity	PPV	NPV
Training cohort							
T1WI_TH_model	0.98	0.88	0.79–0.94	1.00	0.83	0.71	1.00
T2WI_TH_model	0.98	0.96	0.89–0.99	0.85	1.00	1.00	0.94
ADC_TH_model	0.97	0.88	0.79–0.94	0.96	0.84	0.72	0.98
T1WI_BG_model	0.98	0.92	0.85–0.97	0.93	0.92	0.83	0.97
T2WI_BG_model	0.98	0.91	0.83–0.96	0.93	0.91	0.81	0.97
ADC_BG_model	0.97	0.86	0.77–0.92	0.96	0.81	0.68	0.98
SWI_DMV_model	1.00	0.99	0.94–1.00	0.96	1.00	1.00	0.98
Clinical model	0.82	0.81	0.71–0.89	0.85	0.79	0.64	0.93
Combine model	1.00	0.99	0.94–1.00	1.00	0.98	0.96	1.00
Validation cohort							
T1WI_TH_model	0.92	0.78	0.62–0.90	0.82	0.77	0.60	0.91
T2WI_TH_model	0.92	0.89	0.75–0.97	0.73	0.96	0.89	0.89
ADC_TH_model	0.79	0.81	0.65–0.92	0.64	0.89	0.70	0.85
T1WI_BG_model	0.92	0.87	0.71–0.96	0.91	0.85	0.71	0.96
T2WI_BG_model	0.92	0.84	0.68–0.94	0.91	0.81	0.67	0.96
ADC_BG_model	0.79	0.78	0.62–0.90	0.73	0.81	0.62	0.88
SWI_DMV_model	0.98	0.95	0.82–0.99	0.91	0.96	0.91	0.96
Clinical model	0.76	0.81	0.65–0.92	0.79	0.85	0.67	0.88
Combine model	0.98	0.84	0.68–0.94	0.91	0.81	0.67	0.95

ADC apparent diffusion coefficient, AUC area under the curve, BG basal ganglia, CI confidence interval, DMV deep medullary veins, NPV negative predictive value, PPV positive predictive value, SWI susceptibility-weighted imaging, T1WI T1-weighted image, T2WI T2-weighted image, TH thalamus

Rule-based deep learning method for prognosis of neonatal hypoxic-ischemic encephalopathy by using susceptibility weighted image analysis

Zhen Tang¹, Sasan Mahmoodi², Di Meng³, Angela Darekar⁴, Brigitte Vollmer⁵

Affiliations + expand

PMID: 38252196 DOI: [10.1007/s10334-023-01139-2](https://doi.org/10.1007/s10334-023-01139-2)

Abstract

Objective: Susceptibility weighted imaging (SWI) of neonatal hypoxic-ischemic brain injury can provide assistance in the prognosis of neonatal hypoxic-ischemic encephalopathy (HIE). We propose a convolutional neural network model to classify SWI images with HIE.

Materials and methods: Due to the lack of a large dataset, transfer learning method with fine-tuning a pre-trained ResNet 50 is introduced. We randomly select 11 datasets from patients with normal neurology outcomes ($n = 31$) and patients with abnormal neurology outcomes ($n = 11$) at 24 months of age to avoid bias in classification due to any imbalance in the data.

Results: We develop a rule-based system to improve the classification performance, with an accuracy of 0.93 ± 0.09 . We also compute heatmaps produced by the Grad-CAM technique to analyze which areas of SWI images contributed more to the classification patients with abnormal neurology outcome.

Conclusion: Such regions that are important in the classification accuracy can interpret the relationship between the brain regions affected by hypoxic-ischemic and neurodevelopmental outcomes of infants with HIE at the age of 2 years.

SWI tabanlı derin öğrenme modelleri, HiE'de 2 yaş nörogelişimsel sonuçları yüksek doğrulukla öngörebilmektedir. (%93)

→ görüntü → anlam → gelecek

232

Magnetic Resonance Materials in Physics, Biology and Medicine (2024) 37:227–239

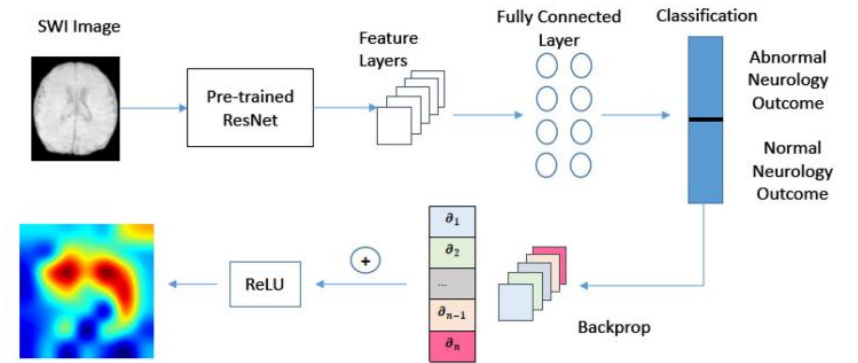


Fig. 3 A block diagram for the Grad-CAM technique exploited in our network

Fig. 9 Average heatmaps of each patient in abnormal group with brain outlines

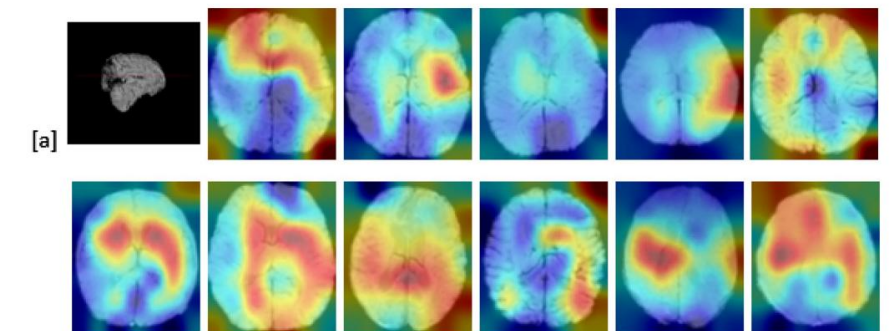


Fig. 10 The heatmaps of the middle slice of SWI images of each patient in abnormal group with brain outlines. a Location of the center SWI slice in the brain

NIRS (near-infrared spectroscopy)(Yakın Kızılötesi Spektroskopisi)

fNIRS (Fonksiyonel Yakın Kızılötesi Spektroskopisi)

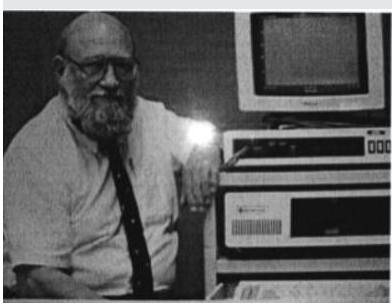
> Science. 1977 Dec 23;198(4323):1264-7. doi: 10.1126/science.929199.

Noninvasive, infrared monitoring of cerebral and myocardial oxygen sufficiency and circulatory parameters

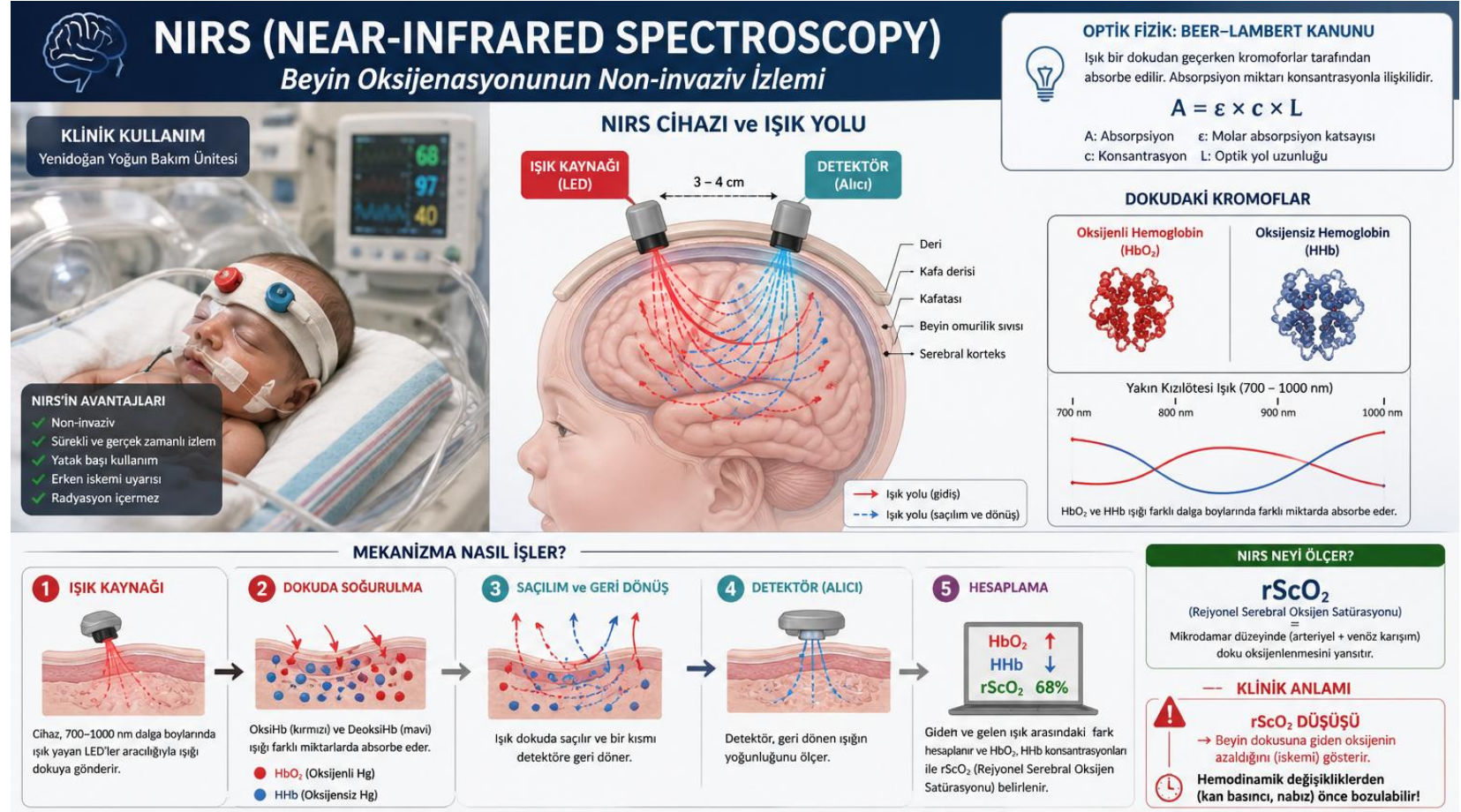
F F Jöbsis

PMID: 929199 DOI: 10.1126/science.929199

👉 1977; Yakın kızılötesi ışık canlı dokudan geçebilir ve böylece beyin oksijenlenmesi non-invaziv olarak ölçülebilir

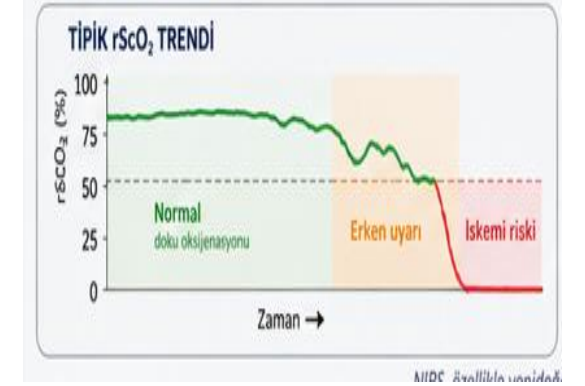


Frans Frederik Jöbsis (1929–2006)
Biyofizikçi ve fizyolog



NIRS desatürasyonu ve düzelmeyi pulse oksimetreden 10–15 saniye önce saptayabilir

Özellikle açık kalp ameliyatlarında NIRS'in doku oksijenasyonunu (serebral ve renal) izlemek için çok yaygın bir araç olarak kullanılmaktadır



> J Cardiothorac Vasc Anesth. 2022 Sep;36(9):3617–3625. doi: 10.1053/jjvca.2022.05.015. Epub 2022 May 16.

A Survey of the Congenital Cardiac Anesthesia Society on the Use and Clinical Application of Near-Infrared Tissue Oximetry in Pediatric Cardiac Surgery

Katherine L Zaleski¹, Steven J Staffa², Barry D Kussman²

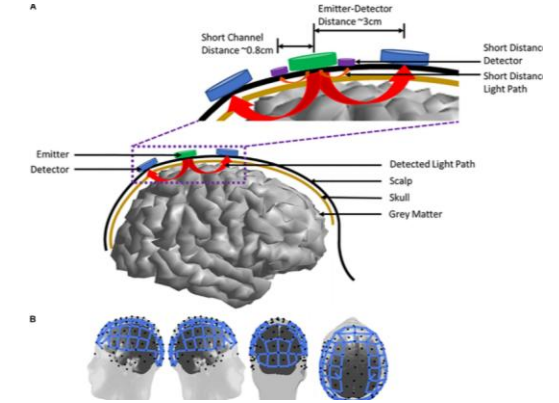
Affiliations + expand

PMID: 35691856 DOI: 10.1053/jjvca.2022.05.015

fNIRS /MR/ fMRI

NIRS/fNIRS = **MRI'in yapamadığını yapar, fonksiyonu gösterir**

✓ **Fonksiyonel NIRS (fNIRS)** nörovasküler eşleşme aracılığıyla **kortikal aktivitenin değerlendirilmesine imkan tanır**. Yatak başı, invaziv olmadan, sedasyon gerektirmeden, gerçek zamanlı veriler ile sürekli monitorizasyon şansı ile **fMR gibi fonksiyonel değerlendirme**



fNIRS:

- Kortikal aktivite değerlendirilir
- Fonksiyonel iyileşme izlenir
- Network aktivitesi hakkında fikir verir

Özellik

Taşınabilir

fNIRS



fMRI



Yenidoğanda kullanım



çok uygun



zor

Hareket toleransı

Daha iyi

Düşük

Derin yapı



Korteks



NIRS/fNIRS ile ölçülen uyku, dinlenim(resting-state) ya da görev spesifik serebral bölgesel oksijenasyon (rScO₂)

→HIE, IVH, prematürite

- Erken hipoksi tespiti sağlar
- Klinik kötüleşmeden önce değişiklik yakalayabilir
- Kısa ve uzun dönem hasarı öngörebilir
- Multimodal izlemde sık kullanılır

Article | [Open access](#) | Published: 06 March 2023

Three-dimensional cranial ultrasound and functional near-infrared spectroscopy for bedside monitoring of intraventricular hemorrhage in preterm neonates

[Lilian M. N. Kebaya](#) , [Kevin Stubbs](#), [Marcus Lo](#), [Sarah Al-Saoud](#), [Bradley Karat](#), [Keith St Lawrence](#),

[Sandrine de Ribaupierre](#) & [Emma G. Duerden](#)

[Scientific Reports](#) **13**, Article number: 3730 (2023) | [Cite this article](#)

► [Eur J Pediatr](#). 2024 Oct;183(10):4169-4178. doi: 10.1007/s00431-024-05712-2. Epub 2024 Aug 7.

Early EEG and NIRS measurements in preterm babies: a systematic review

[R Llamas-Ramos](#) ^{1 2}, [J J Alvarado-Omenat](#) ³, [I Llamas-Ramos](#) ^{4 5 6 7}

Affiliations + expand

PMID: 39110215 PMID: [PMC11413155](#) DOI: [10.1007/s00431-024-05712-2](#) 

► [Front Neurol](#). 2020 May 27;11:393. doi: [10.3389/fneur.2020.00393](#) 

Cerebral Near Infrared Spectroscopy Monitoring in Term Infants With Hypoxic Ischemic Encephalopathy—A Systematic Review

[Subhabrata Mitra](#) ^{1,*}, [Gemma Bale](#) ², [Judith Meek](#) ¹, [Ilias Tachtsidis](#) ², [Nicola J Robertson](#) ¹

► [Author information](#) ► [Article notes](#) ► [Copyright and License information](#)

PMCID: PMC7267214 PMID: [32536901](#)

► [Neurophotonics](#). 2023 Apr;10(2):023519. doi: 10.1117/1.NPh.10.2.023519. Epub 2023 Apr 3.

Using functional near-infrared spectroscopy to study the early developing brain: future directions and new challenges

[Judith Gervain](#) ^{1 2 3}, [Yasuyo Minagawa](#) ⁴, [Lauren Emberson](#) ⁵, [Sarah Lloyd-Fox](#) ⁶

Affiliations + expand

PMID: 37020727 PMID: [PMC10068680](#) DOI: [10.1117/1.NPh.10.2.023519](#) 

[nature](#) > [pediatric research](#) > [review articles](#) > [article](#)

Review Article | Published: 15 April 2021

Early development of sleep and brain functional connectivity in term-born and preterm infants

[Julie Uchitel](#), [Sampsa Vanhatalo](#) & [Topun Austin](#) 

Dünya NIRS ile 1977 de, fNIRS ile 2000'li yıllarda tanıştı
Leman NIRS ile 15 Haziran 2013'de tanıştı





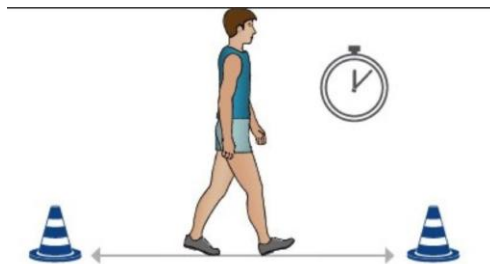
Decrease in Cerebral Oxygen Saturation During the 6-Minute Walk Test in Pediatric Pulmonary Arterial Hypertension

Leman Tekin Orgun^{1,4} · Zeynep Öztürk¹ · Fatma Hayvacı Canbeyli² · Dilek Yapar³ · Kıvılcım Gücüyener¹ · Serdar Kula²

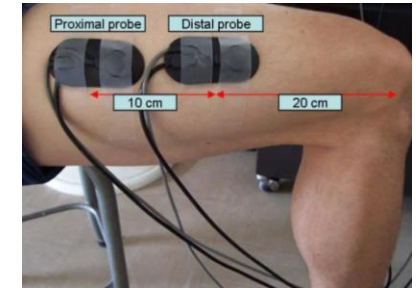
Received: 14 April 2019 / Accepted: 19 July 2019 / Published online: 31 July 2019
© Springer Science+Business Media, LLC, part of Springer Nature 2019

Abstract

This observational study aimed to investigate the relationship between regional cerebral oxygen saturation (rSO_2) during the 6-minute walk test (6-MWT) and the demographic/clinical features of patients with pulmonary arterial hypertension (PAH). Cerebral oxygenation was evaluated during the 6-MWT in 20 pediatric patients with PAH aged ≥ 7 years [13 male, 7 female; median age 12.25 (range 7–18) years]. In all patients, regional cerebral oxygen saturation (rSO_2), arterial oxygen saturation (SpO_2), and heart rate (HR) were measured using near-infrared spectroscopy (NIRS) for 2 min before the test, during the 6-MWT test, and 2 min after the test. The relationship between the changes in rSO_2 , heart rate, and SpO_2 values and clinical and laboratory features was compared statistically. The mean pulmonary arterial pressure (mPAP) was 77 (range 25–126) mmHg, and the median 6-minute walk distance (6-MWD) was 427.5 (300–570) m. The changes in rSO_2 measurements ranged between 3.41 and 21.8%, and 70% of the patients had a greater than 10% decrease in rSO_2 during the test compared with baseline. Eight patients showed a decrease in rSO_2 without SpO_2 changes. The present study demonstrated a significant decrease in cerebral oxygenation in pediatric patients with PAH during the 6-MWT. We hypothesized that using a combination of the 6-MWT and regional cerebral oxygenation monitoring in pediatric patients with PAH in order to evaluate exercise capacity, as a reflection of reduced daily activities, would provide more precise predictive values than the 6-MWT alone.



10 Nov A Novel Prediction Tool Could be Used as an Alternative to a 6-Minute Walk Test for Immobile Individuals



Gait & Posture

Volume 70, May 2019, Pages 397–402

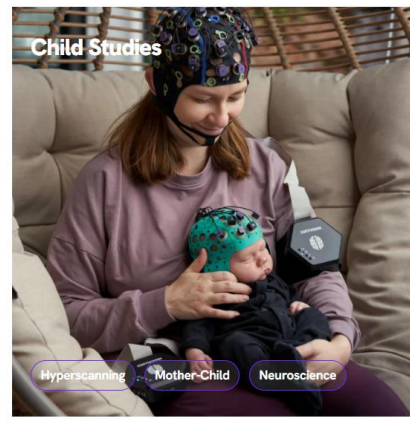


Full length article

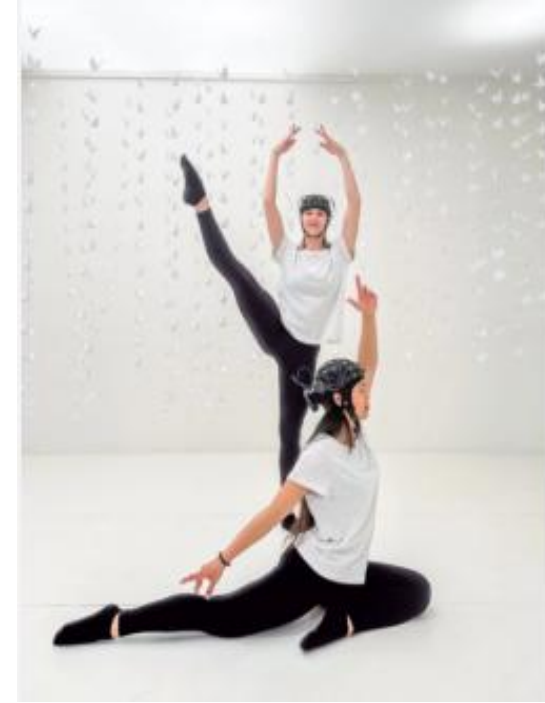
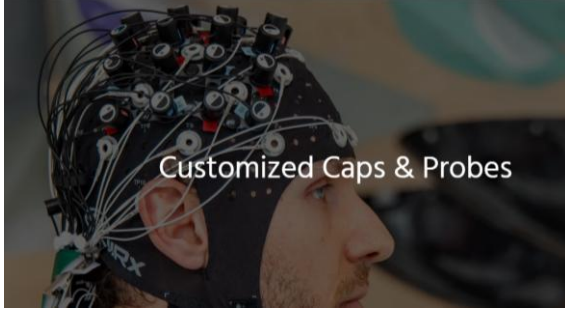
Effects of robotic rehabilitation on walking and balance in pediatric patients with hemiparetic cerebral palsy

Meltem Yazıcı^{a, b} ✉, Ayşe Livanelioğlu^a ✉, Kıvılcım Gücüyener^c ✉, Leman Tekin^c ✉, Erkan Sümer^a ✉, Yavuz Yakut^d ✉

NIRS-fNIRS



**Giyilebilir fNIRS teknolojileri
beyni laboratuvardan çıkarıp
gerçek hayata taşıdı**



Daha uzun süreli, daha donanımlı ve daha dinamik ölçüm şansı

Donanımın küçülmesi ile günlük hayatta mobil ve **multimodal kayıt şansı (EEG, EMG ve EKG gibi diğer fizyolojik ölçümlerle eş zamanlı kayıt yapmak mümkün)**



NIRS -Hyperscanning (Eşzamanlı Beyin Görüntüleme)

Çeşitli canlı sosyal etkileşimler sırasında bebekler ile bakım verenlerin eş zamanlı olarak fNIRS ile nöronal senkronilerinin görüntülenmesi çalışmaları son 10 yılda artış gösteriyor

Available online at www.sciencedirect.com

ScienceDirect

Journal homepage: www.elsevier.com/locate/cortex

Special Issue “Understanding Others”: Research Report

The effects of interaction quality on neural synchrony during mother-child problem solving



Trinh Nguyen ^{a,*}, Hanna Schleihau ^{b,c,d}, Ezgi Kayhan ^{e,f}, Daniel Matthes ^f,
Pascal Vrtička ^f and Stefanie Hoehl ^{a,f}

^a Faculty of Psychology, University of Vienna, Vienna, Austria



Hyperscanning (Eşzamanlı Beyin Görüntüleme) çalışmaları



Beyinler yalnız çalışmaz — etkileşim sırasında senkronize olur

Anne ve bebek sadece iletişim kurmakla kalmaz beyinleri de birbirine uyumlanır

NEUROSCIENCE REVIEW

X. Bi et al. / Neuroscience 530 (2023) 38–45

Hyperscanning Studies on Interbrain Synchrony and Child Development: A Narrative Review

Xiaoyan Bi,^{a,b} Hongbo Cui^a and Yankun Ma^{a*}

^a School of Education, Guangzhou University, Guangzhou, China

^b Institution of Science, Chinese Academy of Science, Beijing, China



X. Bi et al. / Neuroscience 530 (2023) 38–45

39

Table 1. Increasing interbrain synchrony to promote parent–child behavior.

Conversational patterns

The conversational synchrony indicated that conversation patterns, such as turn-taking, may support cross-brain associations and emphasize the significance of understanding dynamic emotion-related processes and their relationship to psychological well-being during parent–child social interactions.



Nonverbal behavior

Affectionate touch: an essential pathway to establishing
Speaker eye contact and gaze: enhances information coupling
Gestural imitation: nonverbal interpersonal contact is established
Joint attention: promoted mutual entrainment



Music

Music has been an integral facilitator of social bonds among variety of different species, including humans. Musical intervention children can enhance brain-to-brain coupling with their parents.



Multimodal stimulation

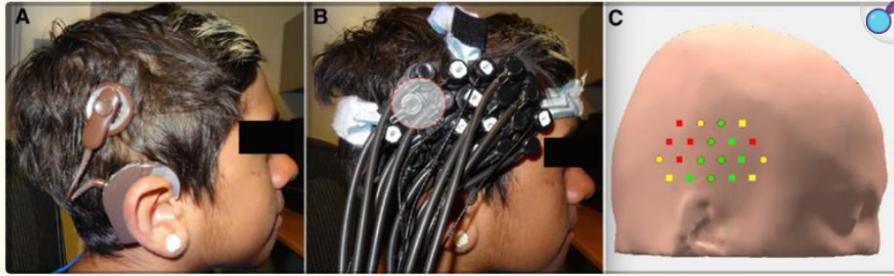
Adults often use multiple modalities to interact with children, and these multimodal forms of stimulation (such as joint attention, play, speech, and daily routines) are more likely to improve the interbrain synchrony present in the interaction than a single mode of stimulation.



Klinik müdahaleler veya tedavilerde bireysel farklılıkları incelemek amacıyla fNIRS kullanımı

Kohlear implant hastalarında MR- fMRI → metal parçalar nedeniyle uygulanması zor

Figure 4. fNIRS headset placement over a cochlear implant device.



İşitme kaybı olan 12 aylık bebeklerde implant öncesi ve sonrasında insan sesi ile insan sesi olmayan uyaranlara karşı fNIRS yanıtının genliği değerlendirilmiş

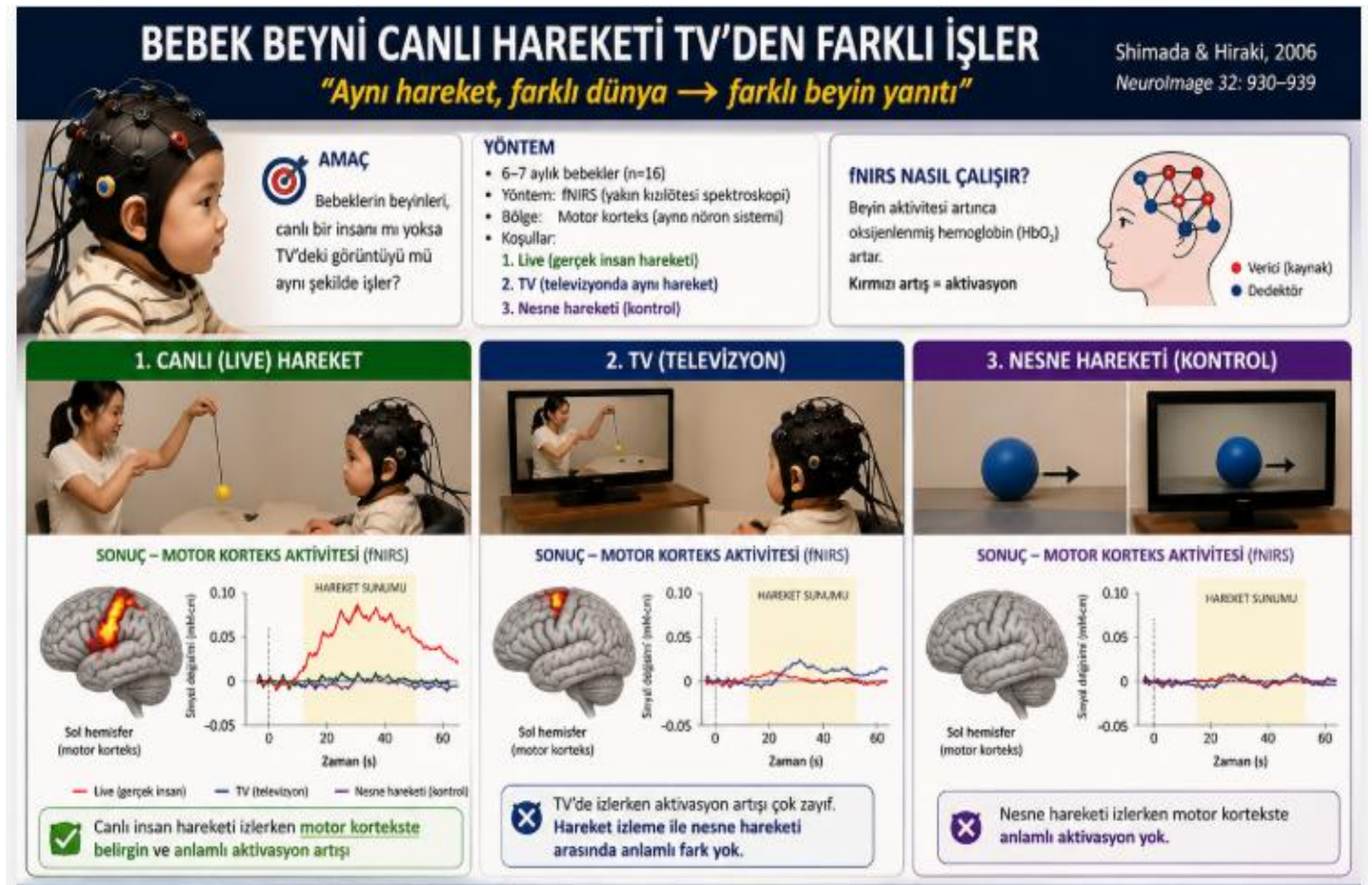
Saliba J., Bortfeld H., Levitin D. J., Oghalai J. S. (2016). Functional near-infrared spectroscopy (fNIRS) in cochlear implant users

Infant's brain responses to live and televised action

Sotaro Shimada* and Kazuo Hiraki*

Department of General System Studies, The University of Tokyo, 3-4-1, Komaba, Meguro-ku, Tokyo, 153-8902, Japan

Received 7 July 2005; revised 20 March 2006; accepted 21 March 2006
Available online 6 May 2006



Canlı Deneyim ≠ Ekran Deneyimi

Beyin izlediğini değil etkileşime girdiğini öğrenir



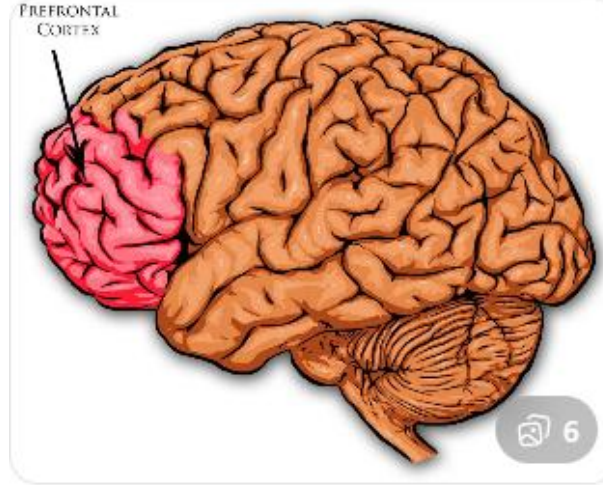
👤 Anne-bebek “cee-ee” oynuyor

- Göz teması
- Karşılıklı etkileşim
- 3D gerçek deneyim

👉 Beyin:

🟡 🟠 🔴 **Güçlü prefrontal aktivasyon**

✓ Motor alanlarda erişkin benzeri aktivasyon



Aynı uyarı gibi görünüyor...
ama biri gerçek, biri değil.
Beyin bu farkı çok erken yaşlarda anlayabiliyor



TV’de anne “cee-ee” diyor / PASİF

📺 Bebek televizyona bakıyor

- Tek yönlü
- Etkileşim yok
- 2D uyarı

👉 Beyin:

🟡 **Zayıf aktivasyon**

✗ Motor alan aktivasyonu yok

S. Urakawa et al., “Selective medial prefrontal cortex responses during live mutual gaze interactions in human infants: an fNIRS study,” Brain Topogr. 28(5), 691–701 (2015).

M.Xuet al., “Prefrontal function engaging in external-focused attention in 5-to 6-month-old infants: a suggestion for default mode network,” Front. Hum. Neurosci. 10, 676 (2017).

Are you talking to me? Neural activations in 6-month-old infants in response to being addressed during natural interactions

S. Lloyd-Fox^{a,b,*}, B. Széplaki-Köllöd^a, J. Yin^a, and G. Csibra^{a,b}

^aCognitive Development Center, Central European University, Nádor u. 9., Budapest 1051, Hungary



🧠 ÇALIŞMANIN ANA SORUSU

👉 6 aylık bebekler **birinin kendileriyle konuştuğunu** nasıl anlıyor?

Çünkü:

- Bebek **kelimenin anlamını bilmiyor**
- Ama yine de biri “ona mı konuşuyor” ayırt edebiliyor

➡ Bu ayrımı sağlayan şey:

“ostensive signals” (yani bana hitap ediliyor sinyalleri)

Bebek beyni kendisine yöneltilen iletişimi anlamak için göz teması ve konuşma tarzı gibi sosyal ipuçlarını birlikte değerlendirir ve ancak bu sinyaller uyumluysa güçlü şekilde aktive olur.

ANNELER –BABALAR BEBEKLERİNİZ İLE GÖZ TEMASI KURARAK KONUŞUN !!

2 deney grubu var:

1 Deney

- Aynı konuşma
- Ama:
 - bebeğe bakarak vs
 - başka bebeğe bakarak

👉 yani **göz teması var/yok**

2 Deney

- Göz teması hep var
 - Ama:
 - bebek konuşması (IDS)
 - yetişkin konuşması (ADS)
- 👉 yani **konusma tarzı değişiyor**

✓ En güçlü beyin aktivitesi
Göz teması + bebek konuşması birlikte olunca

🧠 **Beyinde aktivasyon artışı olan bölgeler bölgeler**

- Inferior frontal cortex
- Anterior temporal cortex
- Temporo-parietal alanlar

👉 sosyal iletişim + konuşma + jest işleme alanları

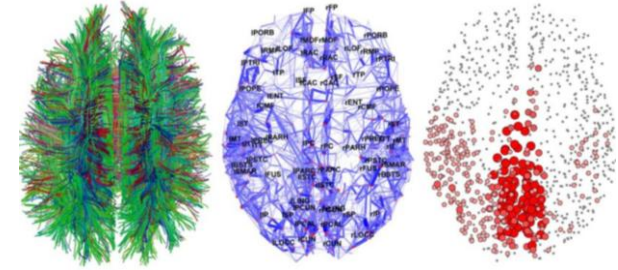
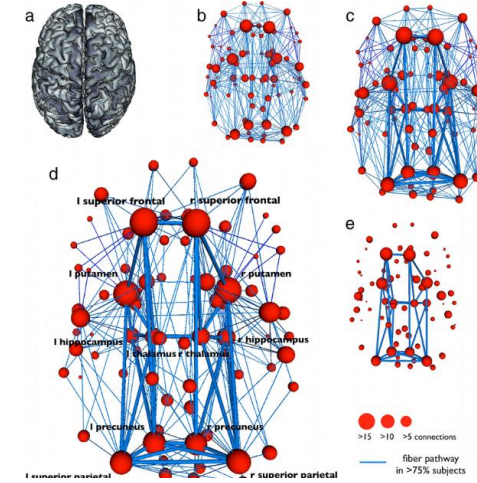
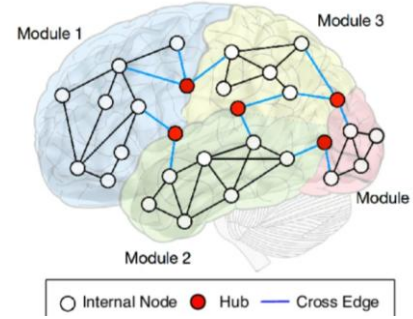
Konnektom

Beynin tüm bağlantı haritasıdır

- Hangi nöron hangi nöronla bağlı
- Hangi beyin bölgeleri birbiriyle iletişim kuruyor
- Bu iletişim ne kadar güçlü

- Beyin = şehir
- Nöronlar = evler
- Bağlantılar = yollar

Konnektom = o şehrin **tüm yol haritası**



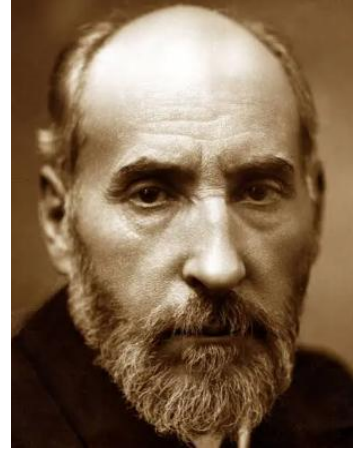
Modern sinirbilimin temeli



Camillo Golgi (1843 –1926)

Retiküler teori

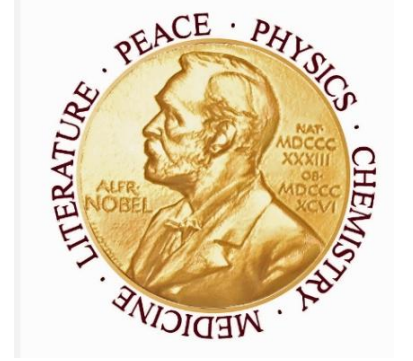
Sinir sistemi tek bir bütünsel ağıdır



Santiago Ramón y Cajal (1852-1934)

Nöron Doktrini

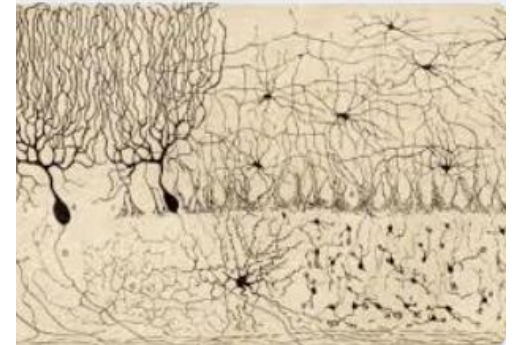
Sinir sisteminin temel yapısal ve işlevsel birimi birbirleriyle bağlantılı ancak **bağımsız hücreler olan nöronlardır**



Nobel Physiology or Medicine Prize, 1906

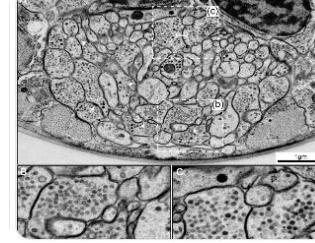
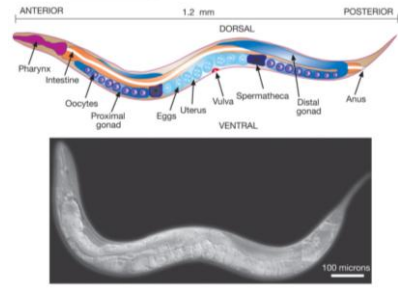
Neuron Doktrini (Nöron Öğretisi)

Eşsiz zerafetiyle dallanıp budaklanan nöronların ilk çizimleri Cajal tarafından yapıldı



1986 yılında Elektron mikroskopisi ile seri kesitler alarak ve tek tek nöronları takip ederek ilk kez **bir beynin tüm bağlantı haritası çıkarıldı..... KONNEKTOM**

340 sayfalık bir makale !!!



Fransız biyolog
Prof. Dr. John Graham-White

> Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci. 1986 Nov 12;314(1165):1-340. doi: 10.1098/rstb.1986.0056.

The structure of the nervous system of the nematode *Caenorhabditis elegans*

J G White ¹, E Southgate, J N Thomson, S Brenner

Affiliations + expand

PMID: 22462104 DOI: 10.1098/rstb.1986.0056

Abstract

The structure and connectivity of the nervous system of the nematode *Caenorhabditis elegans* has been deduced from reconstructions of electron micrographs of serial sections. The hermaphrodite nervous system has a total complement of 302 neurons, which are arranged in an essentially invariant structure. Neurons with similar morphologies and connectivities have been grouped together into classes; there are 118 such classes. Neurons have simple morphologies with few, if any, branches. Processes from neurons run in defined positions within bundles of parallel processes, synaptic connections being made en passant. Process bundles are arranged longitudinally and circumferentially and are often adjacent to ridges of hypodermis. Neurons are generally highly locally connected, making synaptic connections with many of their neighbours. Muscle cells have arms that run out to process bundles containing motoneuron axons. Here they receive their synaptic input in defined regions along the surface of the bundles, where motoneuron axons reside. Most of the morphologically identifiable synaptic connections in a typical animal are described. These consist of about 5000 chemical synapses, 2000 neuromuscular junctions and 600 gap junctions.

Caenorhabditis elegans (ipliksisolucan)

Boy: yaklaşık 1 mm

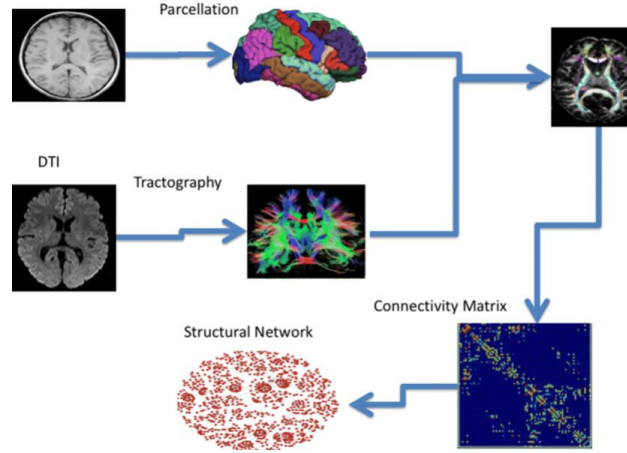
Kalınlık: 65 μ m

302 nöron, 7000 bağlantı-sinaps

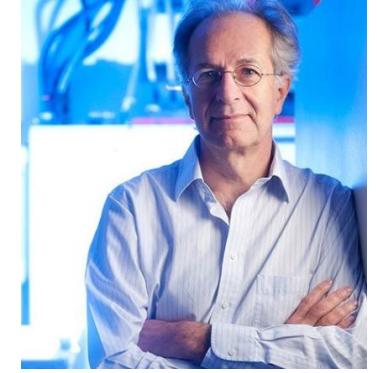
Konnektom hikâyesi 1 mm'lik bir solucanın 302 nöronuyla başladı ama anlatmak için 340 sayfa yazmak gerekti

Bugün ise 100 milyar nöronlu insan beynini anlamaya çalışıyoruz. 100 trilyon civarında bağlantı !!!

Beyni anlamak nöronları değil bağlantıları anlamaktır
İnsan konnektom projesi 2009’da başladı (fMRI and DTMR)
1200 sağlıklı yetişkinin değerlendirildiği ana faz 2016’da tamamlandı

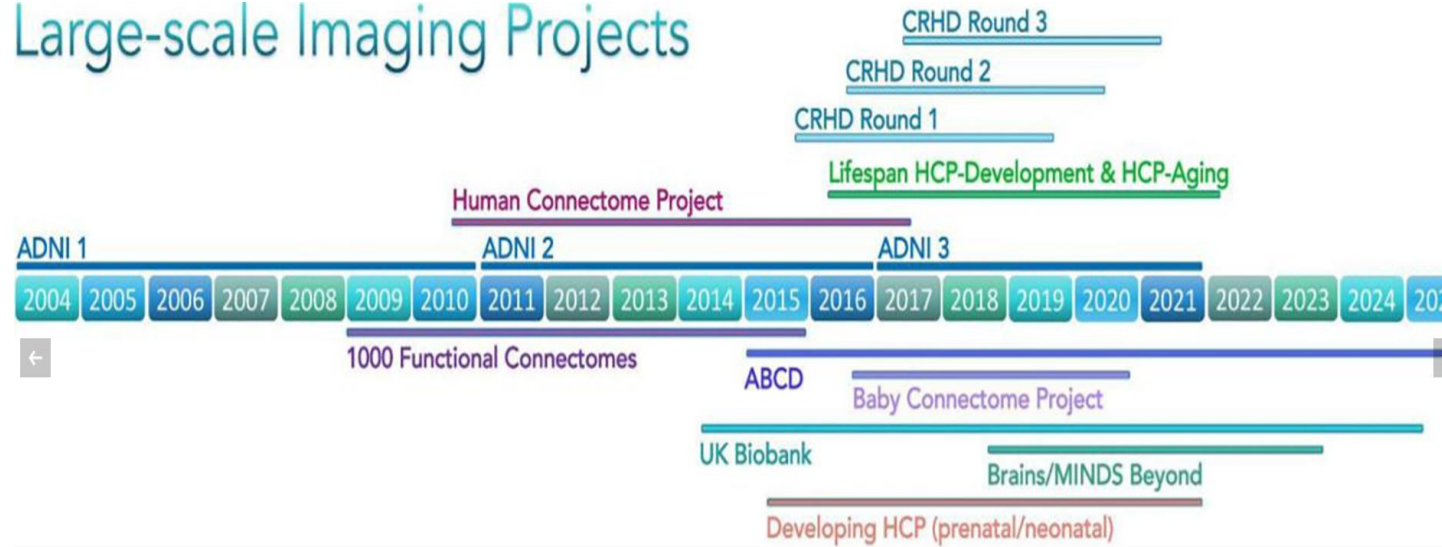


Prof. Dr. David Van Essen
(Washington Üniversitesi)



Prof. Dr. Kamil Uğurbil
(Minnesota Üniversitesi)

Large-scale Imaging Projects



What is the Connectome Coordination Facility?

The Connectome Coordination Facility (CCF) houses and distributes public research data for a series of studies that focus on the connections within the human brain. These are known as **Human Connectome Projects**.

The CCF currently supports [20 human connectome studies](#). Scroll down to learn more.



Lifespan Baby Connectome Project

[Study Home](#) [About This Study ▾](#) [Data ▾](#) [Contact](#)[>> LIFESPAN STUDIES](#) [> LIFESPAN BABY CONNECTOME PROJECT](#) [> STUDY HOMEPAGE](#)

Study Overview

The **LifeSpan Baby Connectome Project** (BCP) will explore human brain development from birth through early childhood, focusing on factors that contribute to healthy brain development.

A total of **500 typically developing children between birth and five years of age** will be recruited across two data collection sites in a sequential cohort, accelerated longitudinal study design. The participants are divided into two main groups, longitudinal (n=285) and cross-sectional (n=215) groups, respectively. This hybrid longitudinal and cross-sectional design enables detailed characterization of early brain development from both brain structural/functional and behavioral aspects, balances between advantages offered by a longitudinal design and attribution rate, and accommodates the relatively short funding duration. Enrollment will include an equal proportion of males and females. The racial/ethnic diversity of the sample will reflect US Census data. Our team has also developed novel imaging analysis tools capable of providing quantitative measures of early brain development. We will integrate all of these novel pediatric imaging analysis tools onto HCP pipelines.



The Human Connectome Project and Connectome Coordination Facility are funded by the National Institutes of Health, and all information in this site is available to the public domain. No Protected Health Information has been published on this site.

[Privacy Statement](#) | [Site Map](#) | [Contact Us](#)

Study Summary

PI(s)

Jed Elison, Weili Lin

Subjects

500 Subjects, Age 0-5

Imaging Type(s)

3T MR

Institutions

University of North Carolina,
University of Minnesota

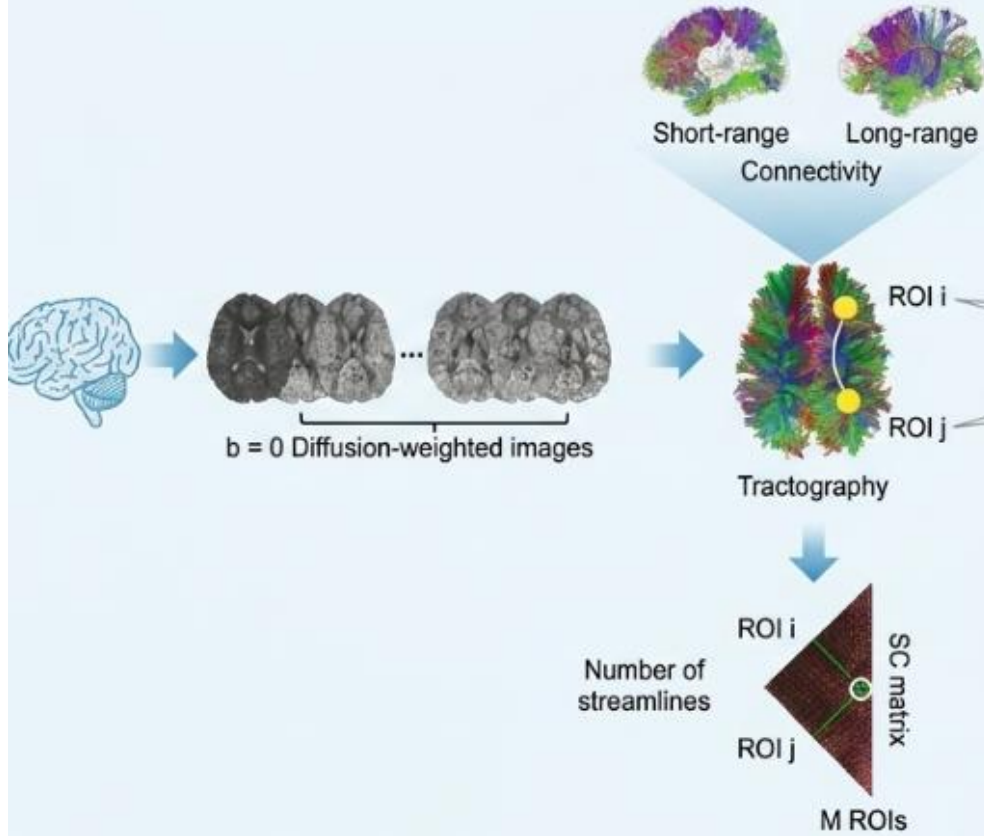


500 sağlıklı çocuk, doğumdan 5 yaşına kadar 4-6 kez değerlendirilerek **çocuklarda beyin gelişiminin en hızlı olduğu bu kritik dönemde** beyin bağlantılarının gelişimini ve beyin ile davranış gelişiminin ilişkisini karakterize edilmeye çalışılıyor.

Konnektom Nedir? Beynin Makro Ölçekli Mimarisi

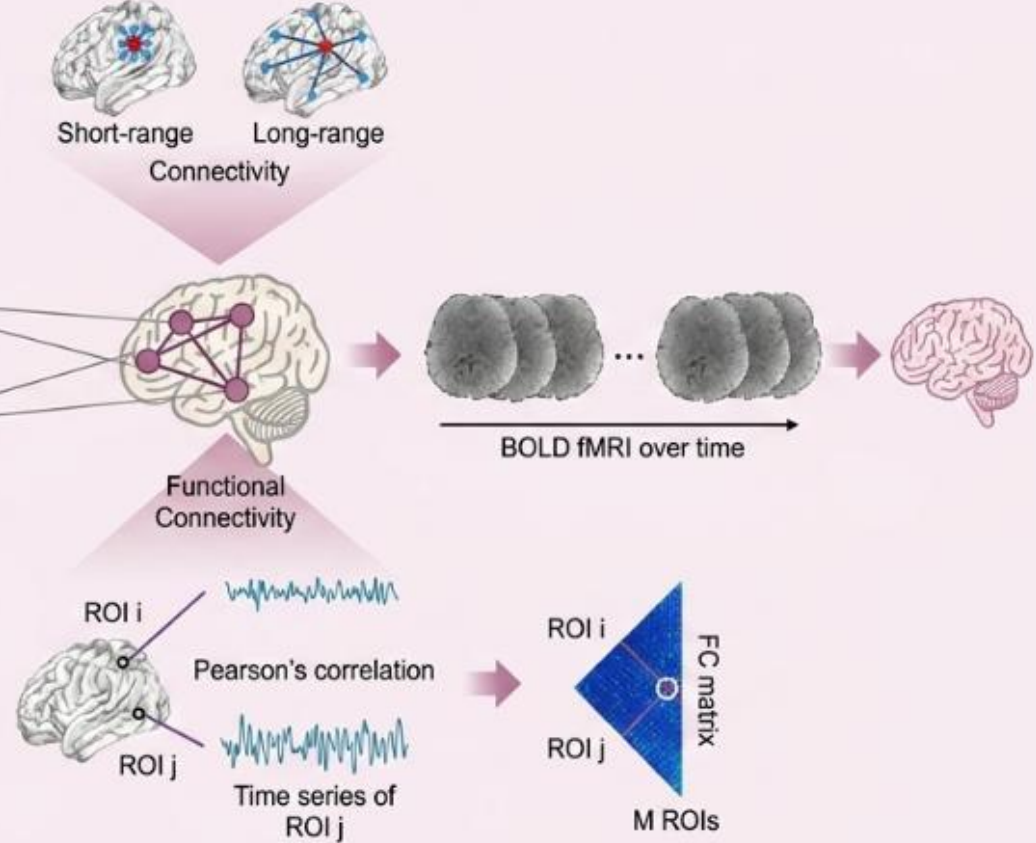
Yapısal Konnektom

Kablolama. dMRI ve traktografi ile ölçülür. Aksonal yolları ve beyaz madde liflerini haritalandırır. (Ağın fiziksel iskeleti).



İşlevsel Konnektom

Senkronizasyon. rs-fMRI ile ölçülür. Zaman içinde birlikte ateşlenen beyin bölgeleri arasındaki sinyal senkronizasyonunu gösterir. (Ağın iletişim akışı).



Konnektom Türleri

Yapısal konnektom

Beyindeki gerçek fiziksel bağlantılar
Aksonlar, beyaz cevher yolları

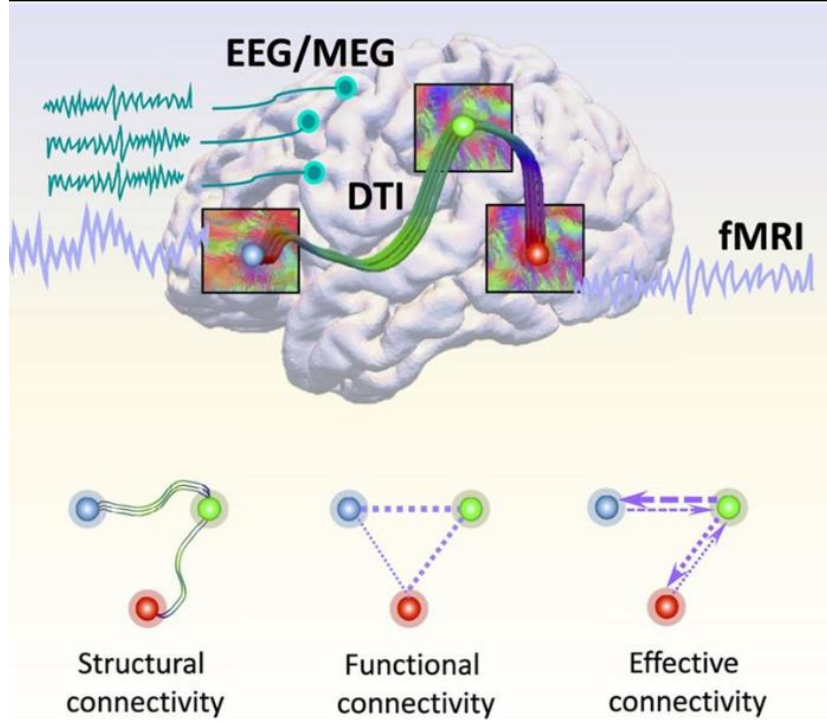
Yöntem: DTI
(Diffusion Tensor Imaging)

Su akar yolunu bulur

Su molekülleri beyinde serbest değildir,
aksonların çizdiği yolda akmak zorundalar.

(Fractional Anizotropi)

DTI ise suyun akışını 3 boyutlu takip ederek
bu görünmez yolları görünür kılar

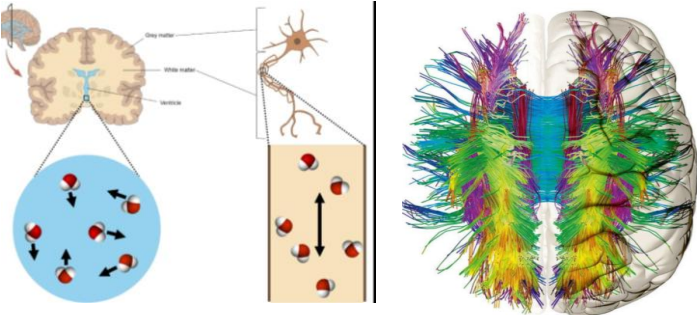


Fonksiyonel(İşlevsel)konnektom

Hangi bölgeler birlikte çalışıyor?
Aynı anda aktif olan bölgeler

Yöntem: fMRI (resting-state)
İşleyen demir ışıldar.

fMRI'da beyinde aktif bölgelerde
artan kan akımı BOLD (Blood Oxygen Level
Dependent) sinyali oluşturur



Etkin (effective) konnektom

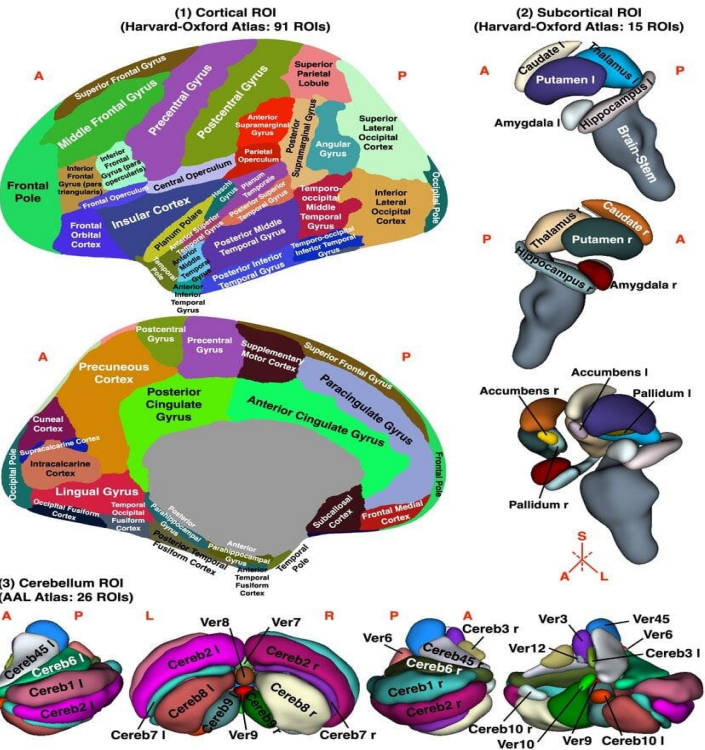
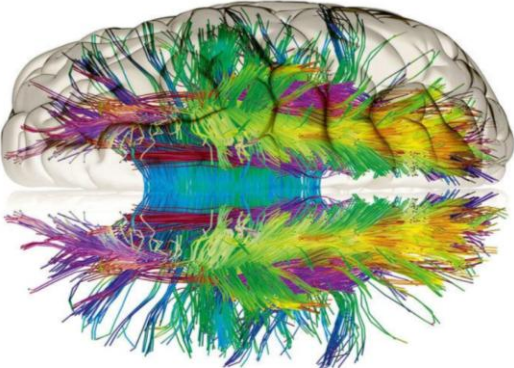
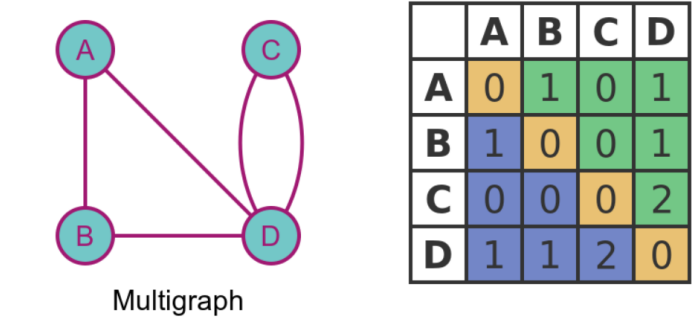
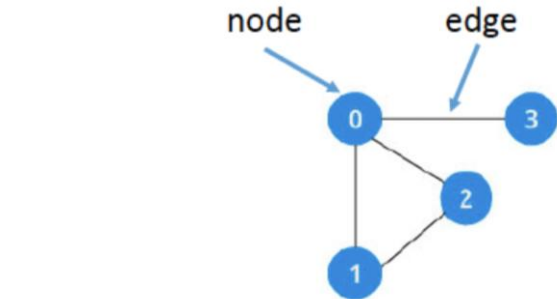
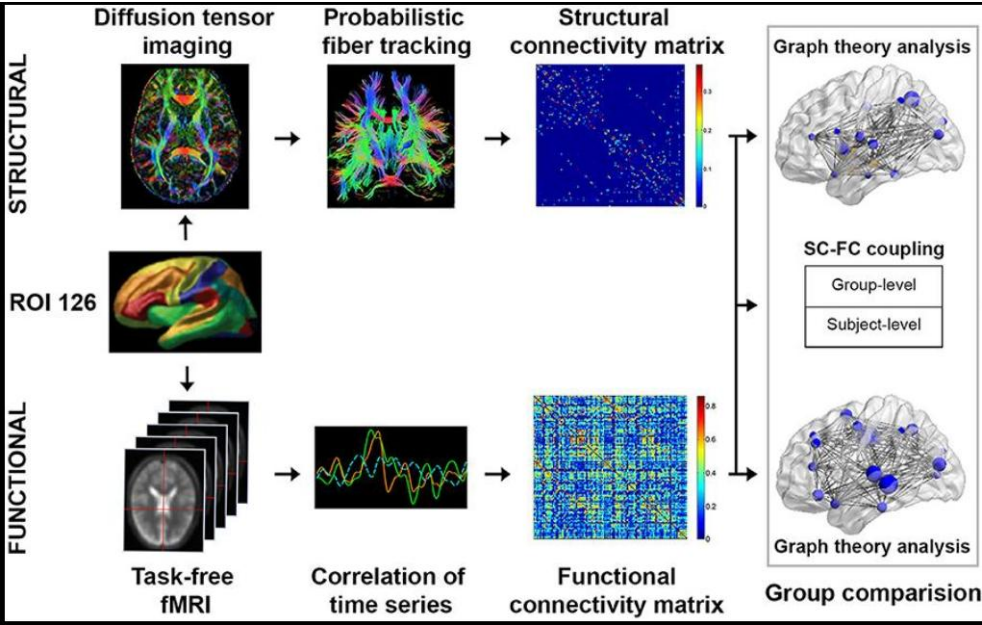
“Kim kimi etkiliyor?”

Nedensel ilişki (causality)

Yöntem: Daha ileri analizler (Granger,
dynamic causal modeling)



Konnektomun basit mantığı



Adjacency matrices

By Martin McBride, 2025-08-17

Tags: graph, matrix, adjacency matrix, multigraph, directed graph, weighted graph, isomorphic graph, permutation matrix

Categories: graph theory, computer science

Level: AP / A Level, Bachelor's / Undergraduate

Calculus book

Functions and limits, differentiation, and integration

Circle Theorems

Geometry and circle theorems

A [graph](#) is often represented by a graph diagram like the one on the left, below:

Computer science

Logic

Graph theory

Graphs

Beynin çekirdek iletişim sisteminin organizasyonu

- **Nod** → Her bir nöral merkez
- **Edge** → Nodlar arası bağlantı
- **Hub** → Çok sayıdaki bağlantıya sahip merkezi düğümler

Bilgi akışının entegrasyonunu sağlar

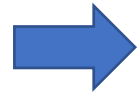
- **Rich Club** → Hub'ların kendi aralarında güçlü bağlantılar kurduğu özel ağ sistemi

Yüksek verimli ve hızlı bilgi iletimi sağlar

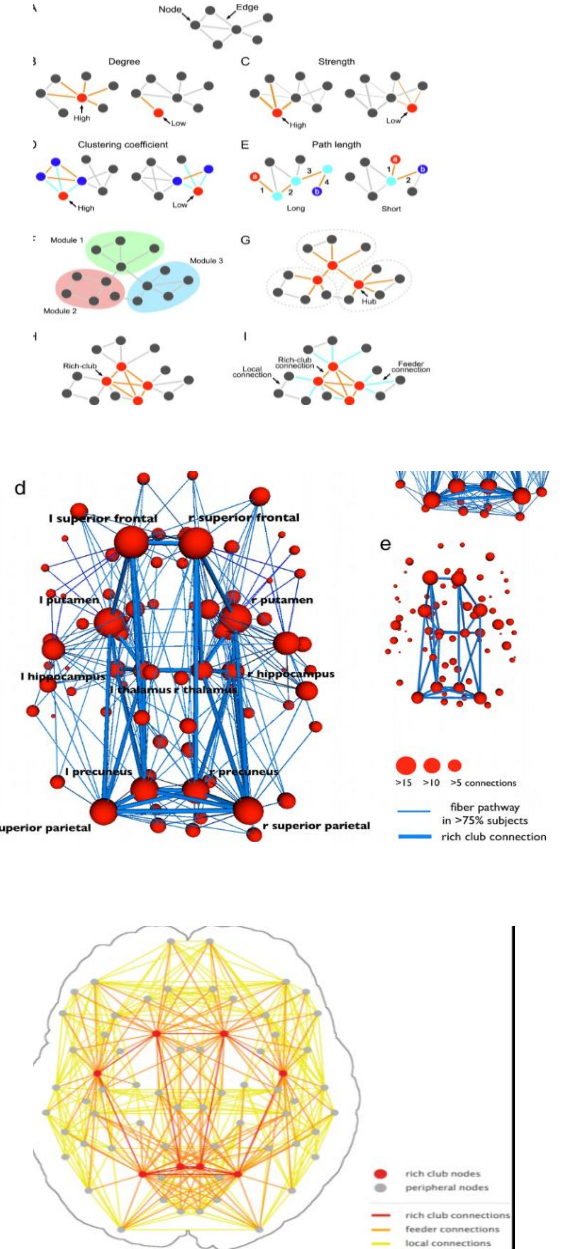
- Eğer hublar beyin merkez istasyonlarıysa, rich club bu istasyonların kendi aralarındaki hızlı tren hattıdır.

Beyinde önemli hub örnekleri

- Prefrontal korteks
- Posterior cingulate
- Insula
- Thalamus

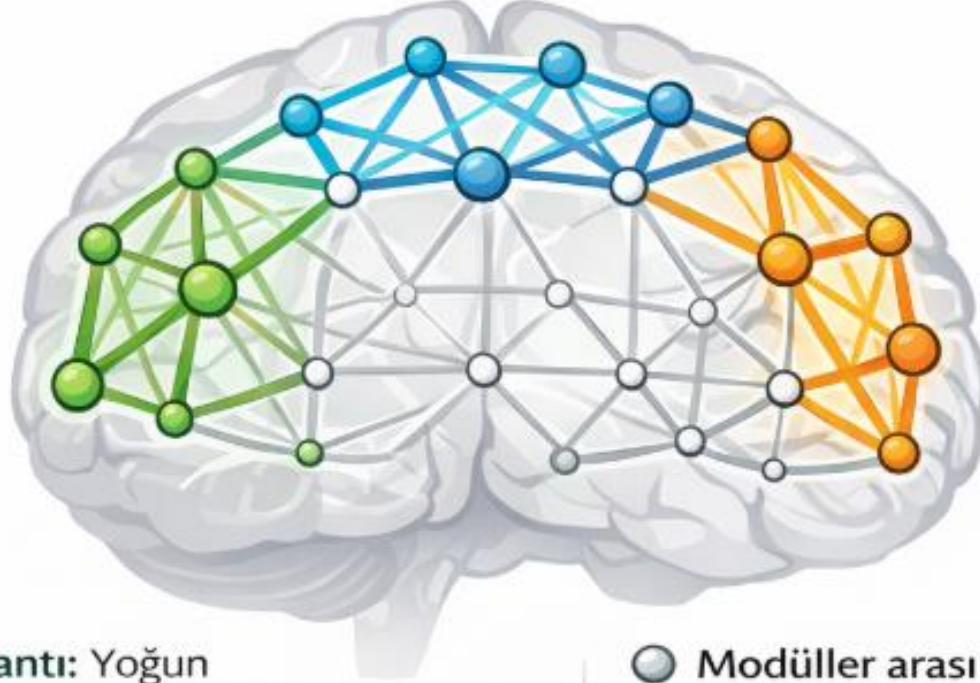


Bilgi entegrasyonu yapar
Farklı sistemleri birbirine bağlar



Beyin Ağlarında Modüler Organizasyon

- Beyin tek bir bütün ağ değil; kendi içinde yoğun bağlantıları olan alt ağlardan, yani modüllerden oluşur.



● **Modül içi bağlantı:** Yoğun
(Bağlantı yoğunluğu)

● **Modül 1:** Motor ağ

● **Modül 2:** Görsel ağ

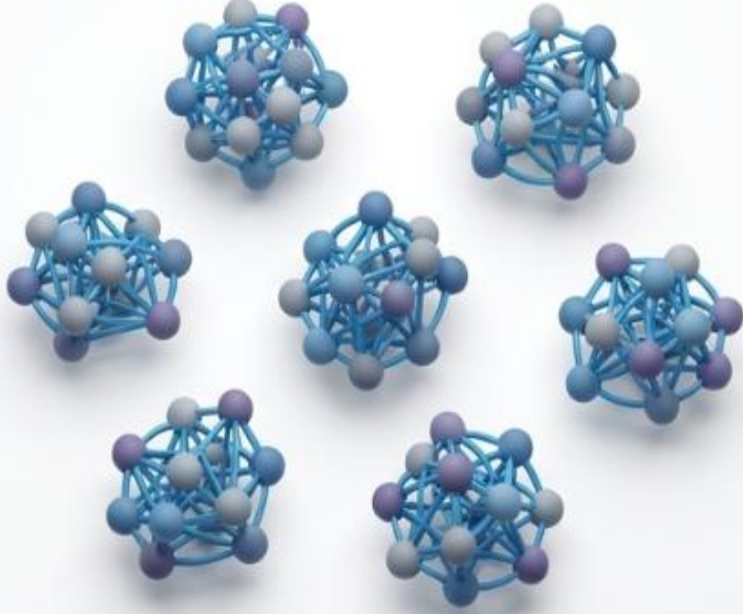
● **Modüller arası bağlantı:** Zayıf
(Global entegrasyon)

● **Modül 2:** Motor ağ

● **Modül 3:** Default mode network

Kablolamanın İkili Gücü: Ayrışmadan Bütünleşmeye

Ayrışma (Segregation)

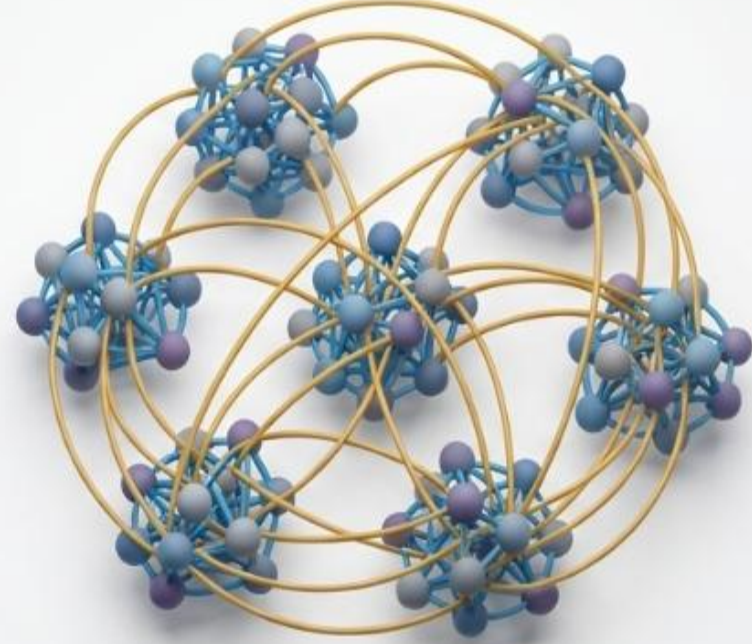


Erken dönemde, yüksek yoğunluklu kısa mesafeli bağlantılar hakimdir.

Maliyet: Düşük.

Amaç: Yerel, uzmanlaşmış sensörimotor işleme.

Bütünleşme (Integration)

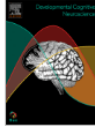


Büyümeyle birlikte, enerjik olarak maliyetli ancak oldukça verimli uzun mesafeli bağlantılar güçlenir.

Maliyet: Yüksek.

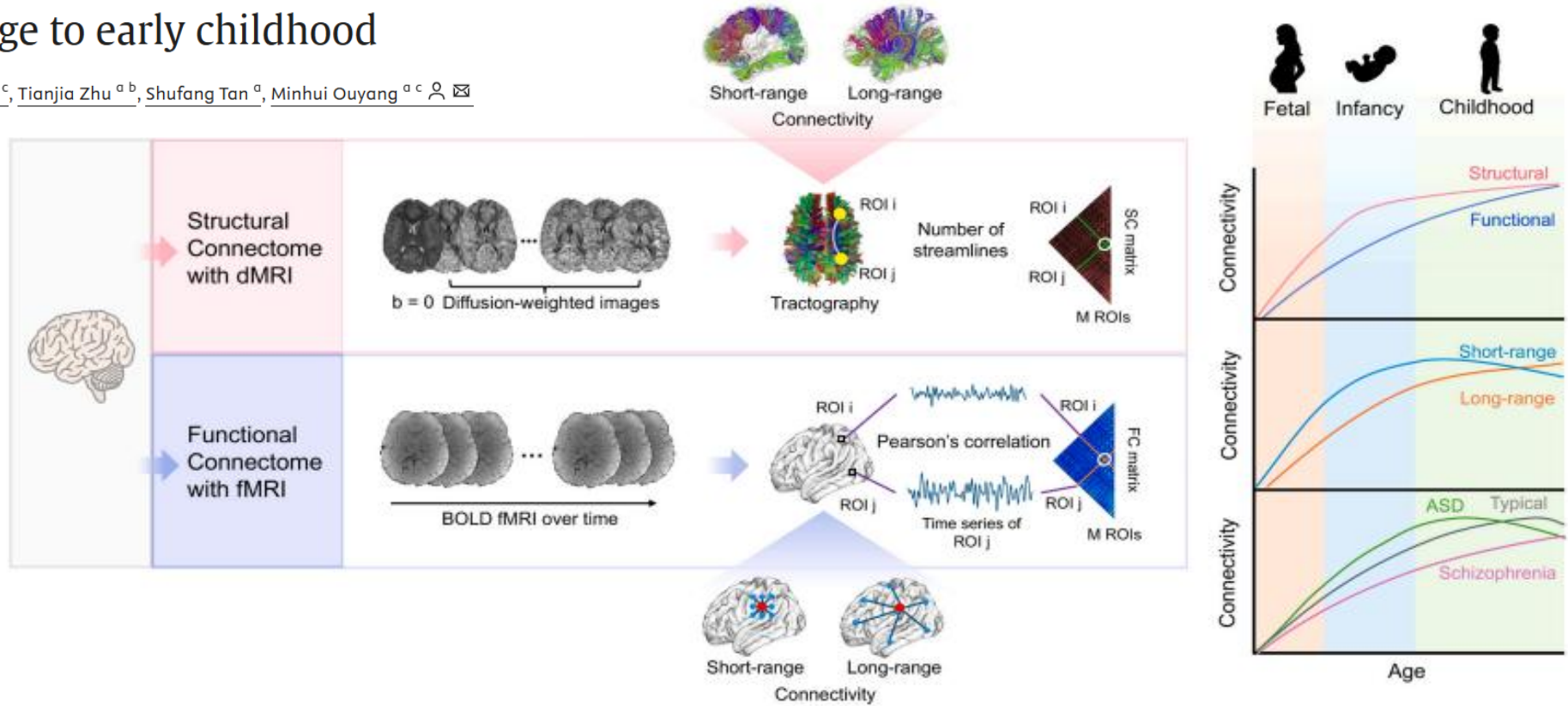
Amaç: Çok modlu bilişsel entegrasyon.

Küçük Dünya (Small-World) Mimarisi: Bu iki zıt kuvvetin kusursuz dengesi, minimum kablo maliyetiyle maksimum iletişim hızı



Developmental human brain connectome from fetal stage to early childhood

Wentao Wu^{a,b}, Hao Huang^{a,c}, Tianjia Zhu^{a,b}, Shufang Tan^a, Minhui Ouyang^{a,c} ✉



Beyin önce kısa mesafeli ağlar geliştirerek kendi içinde konuşmayı öğrenir, sonra uzun mesafeli ağlarla diğer bölgelerle iletişime geçer.

Yapısal ve fonksiyonel bağlantılar birlikte ilerler ancak **yapısal gelişim biraz daha erken başlar**

Bağlantı bozuklukları hastalıklara yol açar

(**Otizm** → Hiperkonnektivite erken ve fazla ayrışan kısa mesafeli bağlantılar, **Şizofreni** → Hipokonnektivite azalmış uzun bağlantılar)

Kısa mesafeli bağlantılar özellikle 31- 42 .postmenstrüel haftalar arasında uzun mesafeli bağlantılardan daha hızlı değişir

Prematüre doğum azalmış



Kısa mesafeli bağlantılar

Fig. 1: Neonatal connectivity across PMA and GA at birth.

From: [Premature birth changes wiring constraints in neonatal structural brain networks](#)

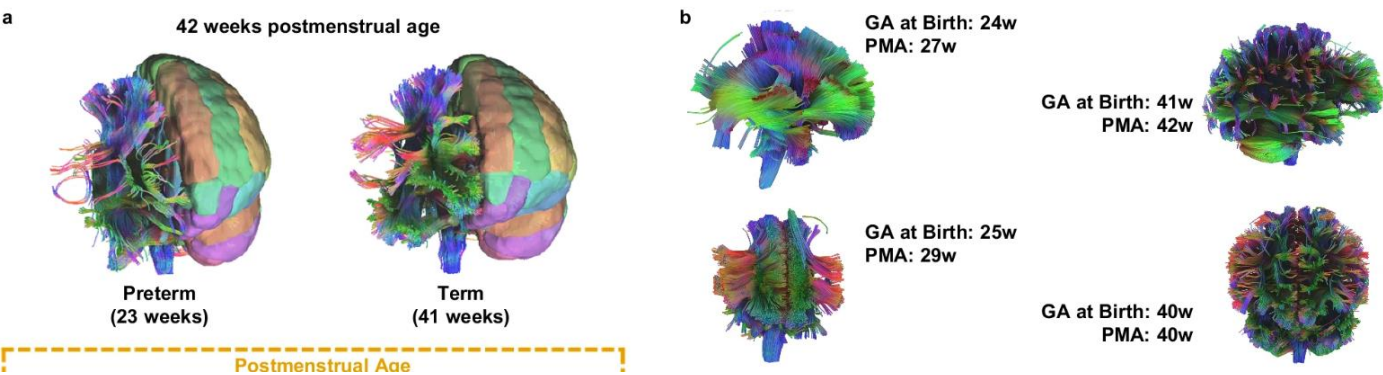


Fig. 2. Short-range connections change faster than long-range con

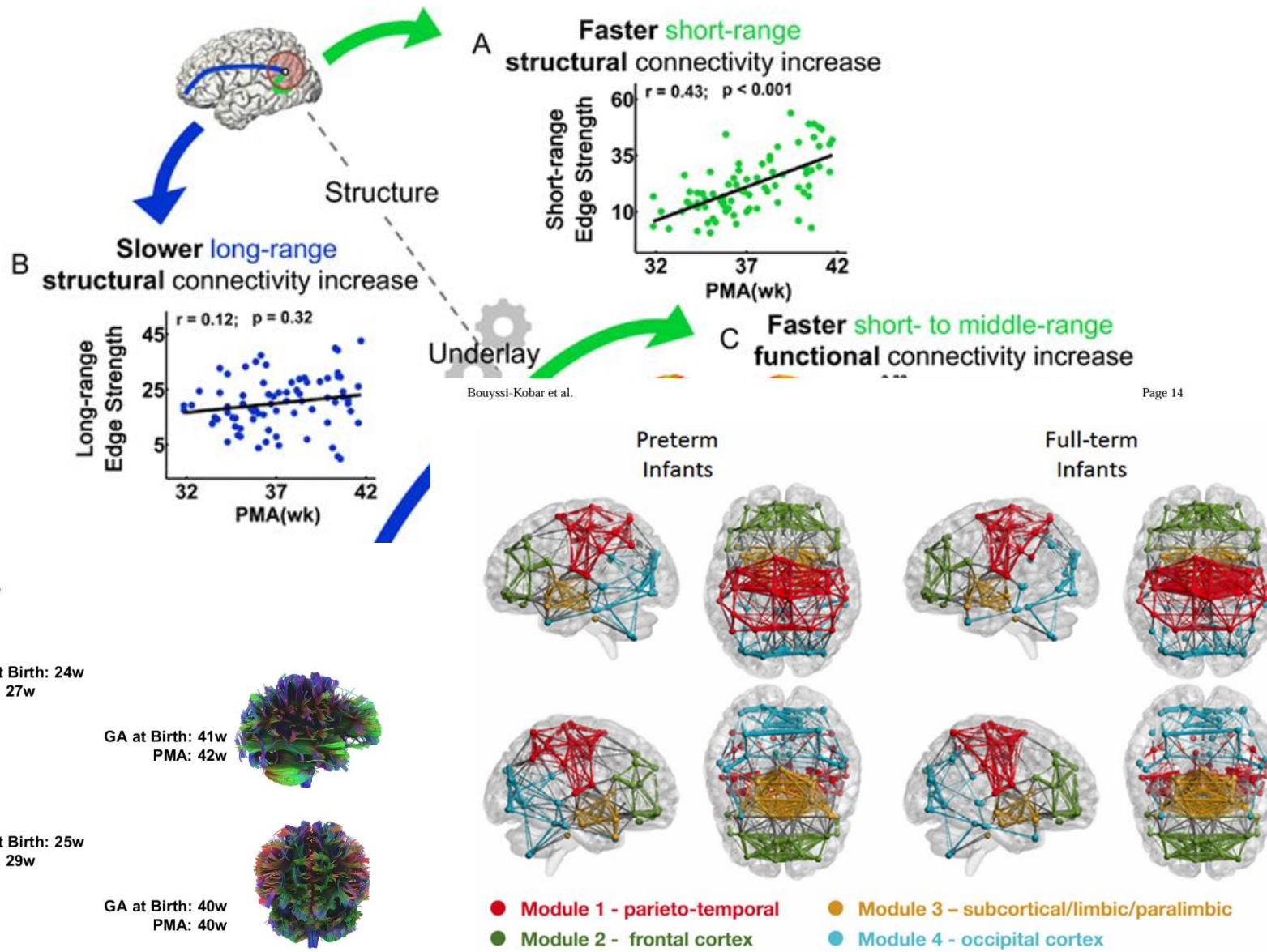
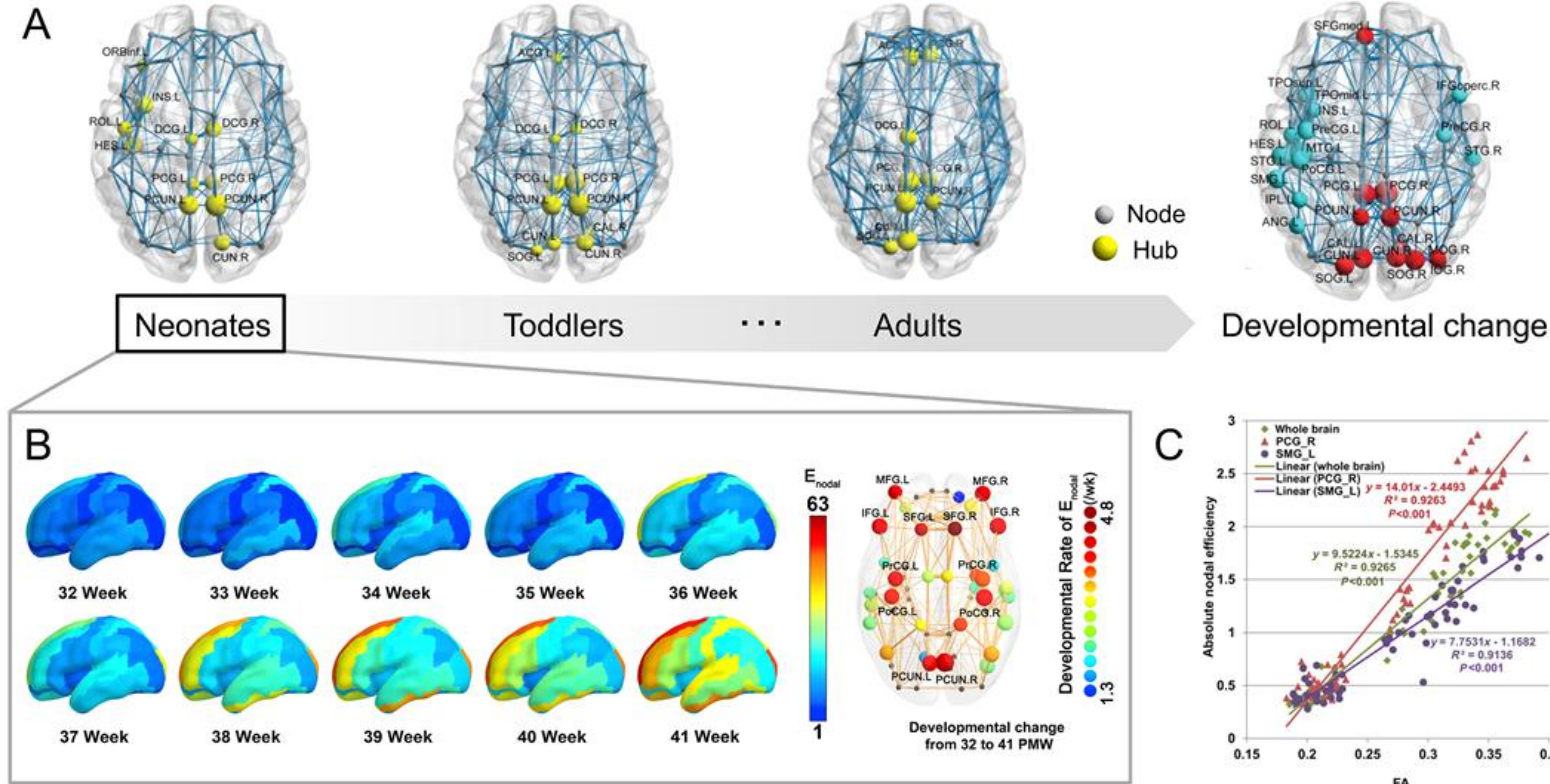


Figure 2. Clustering coefficient, path length, global and local efficiency in VPT (blue) and full term infants (black). Metrics were significantly different between groups at all tested thresholds using permutation testing (p -value < 0.05); tests controlled for sex, postmenstrual age at MRI, and motion.

Beyin gelişirken sadece bağlantı sayısı değil, bağlantıların verimliliği ve bağlantı merkezleri (hub'lar) da değişir, ağ doğum sonrası yeniden organize olur

W. Wu et al.

Developmental Cognitive Neuroscience 79 (2026) 101704



A. Zamanla beyin ağının “önemli merkezleri” yeniden organize olur

- bazı hub'lar güçlenir ●
- bazıları azalır ●

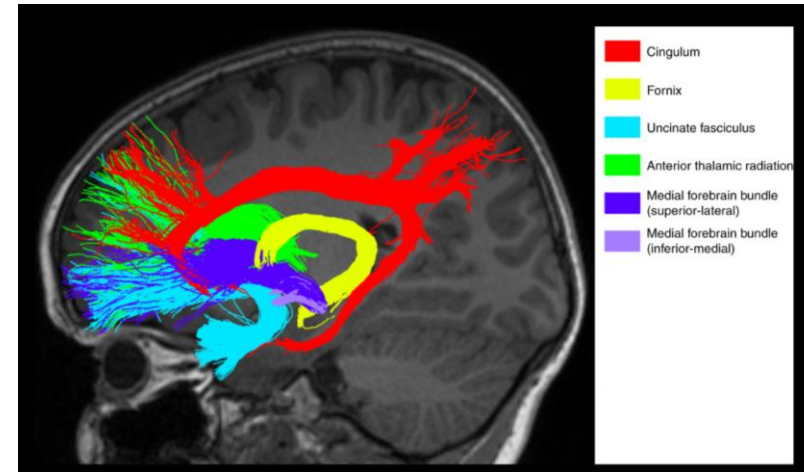
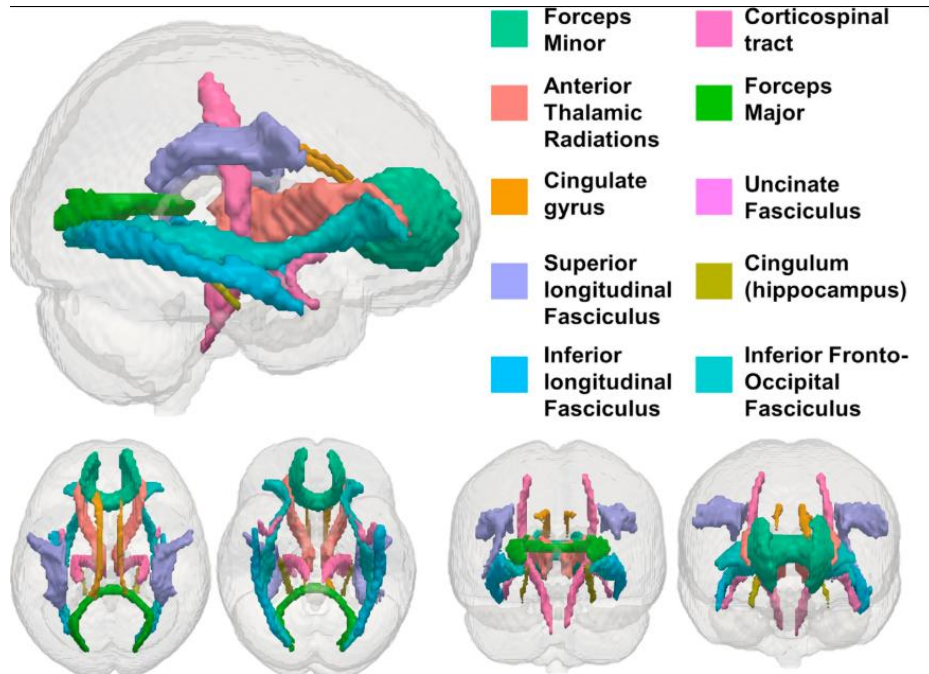
- 32–41 hafta arası
- Beyin bölgelerinde **nodal efficiency** artıyor
 - her bölgede aynı değil
 - bazı bölgeler daha hızlı gelişiyor
- ★ gelişim homojen değil → bölgesel farklılık var

Fransiyonel anizotropi bize yolun ne kadar düzgün olduğunu gösterirken nodal efficiency ise o yolun ne kadar iyi kullanıldığını gösterir

yapısal gelişim((beyaz cevherdeki FA) arttıkça → ağ verimliliği de artıyor (nodal efficiency)

Beyinde fonksiyonel özelleşme..... Beyin her yeri aynı hızda gelişmez

- Sensorimotor yollar → erken olgunlaşır
Deneyime bağlı plastisite için kritik olan güvenilir çevresel girdi kanalları sağlarken
- Frontal beyaz cevher asosiyasyon yolları → geç ve uzun süreli gelişir
İleri düzey bilişsel işlevleri mümkün kılan daha karmaşık sinyal iletişimini destekler



Resting-state networks of the neonate brain identified using independent component analysis

Olli Rajasilta¹, Jetro J Tuulari^{1 2 3 4}, Malin Björnsdotter^{5 6}, Noora M Scheinin^{1 2}, Satu J Lehtola¹, Jani Saunavaara⁷, Suvi Häkkinen¹, Harri Merisaari⁷, Riitta Parkkola⁸, Tuire Lähdesmäki⁹, Linnea Karlsson^{1 10}, Hasse Karlsson^{1 2}

Affiliations + expand

PMID: 32267069 DOI: [10.1002/dneu.22742](https://doi.org/10.1002/dneu.22742)

Şu ağlar net şekilde gösterilmiş:

- Motor
- Sensorimotor
- Görsel
- İşitsel/dil
- Talamus
- Serebellum
- Default Mode Network (ama immature!)



Yenidoğanda bile network var

**Ama erişkin gibi değil!
Neonatal ağlar immature
ve fragmenter**

- 21 sağlıklı term yenidoğan
- ~26 günlük
- doğal uykuda çekim** (fMRI -RNST)

Beyin gelişimi = bağlantı reorganizasyonu

👉 Bu değişimler şunlarla paralel:

- Miyelinizasyon
- Sinaptogenez
- Synaptic pruning

Yenidoğan

Lokal bağlantılar

Parçalı network

Sensory ağırlıklı

Erişkin

Uzun mesafe bağlantılar

Entegre network

Kognitif ağırlıklı

Article | [Open access](#) | Published: 08 February 2024

Neonatal brain dynamic functional connectivity in term and preterm infants and its association with early childhood neurodevelopment

[Lucas G. S. França](#), [Judit Ciarrusta](#), [Oliver Gale-Grant](#), [Sunniva Fenn-Moltu](#), [Sean Fitzgibbon](#), [Andrew Chew](#), [Shona Falconer](#), [Ralica Dimitrova](#), [Lucilio Cordero-Grande](#), [Anthony N. Price](#), [Emer Hughes](#), [Jonathan O'Muirheartaigh](#), [Eugene Duff](#), [Jetro J. Tuulari](#), [Gustavo Deco](#), [Serena J. Counsell](#), [Joseph V. Hajnal](#), [Chiara Nosarti](#), [Tomoki Arichi](#), [A. David Edwards](#), [Grainne McAlonan](#) & [Dafnis Batalle](#) 

[Nature Communications](#) **15**, Article number: 16 (2024) | [Cite this article](#)

JOURNAL ARTICLE

Functional connectivity as a prognostic biomarker for neurodevelopmental outcomes in preterm infants without severe brain injury

[Yi-Tien Li](#), [Li-Wen Chen](#), [Chia-Lin Koh](#), [Yung-Chieh Lin](#), [Chao-Ching Huang](#) 

Brain Communications, Volume 7, Issue 6, 2025, fc4f476,
<https://doi.org/10.1093/braincomms/fcaf476>

Published: 16 December 2025 **Article history** ▼



<https://doi.org/10.1038/s42003-025-07745-1>

Early life brain network connectivity antecedents of executive function in children born preterm

 Check for updates

[Abiot Y. Derbie](#) ¹, [Mekibib Altaye](#)^{2,3}, [Junqi Wang](#)⁴, [Armin Allahverdy](#)¹, [Lili He](#)^{4,5}, [Leanne Tamm](#)^{2,3} & [Nehal A. Parikh](#) ^{1,2,3} 

Preterm birth is associated with an increased risk of executive function (EF) deficits, yet the underlying neural mechanisms remain unclear. We combine diffusion MRI, resting-state functional MRI, and graph theory analyses to examine how structural (SC) and functional connectivity (FC) at term-equivalent age (TEA) influence EF outcomes at 3 years corrected age in children born at or below 32 weeks' gestation. Here we show shorter average path length (a measure of efficient structural communication) in the insula is linked to better EF performance, implying that more direct structural pathways in this region facilitate critical cognitive processes. Additionally, higher betweenness centrality (a node-level metric of information flow) in parietal and superior temporal regions is associated with improved EF, reflecting these areas' prominent integrative roles in the whole-brain functional network. Importantly, our multimodal analyses reveal that regional structural efficiency helps shape functional organization, indicating a specific interplay between white-matter architecture and emergent functional hubs at TEA. These findings extend current knowledge by demonstrating how earlier disruptions in SC can alter subsequent FC patterns that support EF. By focusing on precise node-level metrics rather than broad within-network effects, our results clarify the contribution that SC

[nature](#) > [communications biology](#) > [articles](#) > [article](#)

Article | [Open access](#) | Published: 22 June 2023

Maturational networks of human fetal brain activity reveal emerging connectivity patterns prior to ex-utero exposure

[Vyacheslav R. Karolis](#) , [Sean P. Fitzgibbon](#), [Lucilio Cordero-Grande](#), [Seyedeh-Rezvan Farahibozorg](#), [Anthony N. Price](#), [Emer J. Hughes](#), [Ahmed E. Fetit](#), [Vanessa Kyriakopoulou](#), [Maximilian Pietsch](#), [Mary A. Rutherford](#), [Daniel Rueckert](#), [Joseph V. Hajnal](#), [A. David Edwards](#), [Jonathan O'Muirheartaigh](#), [Eugene P. Duff](#) & [Tomoki Arichi](#)



Altered Functional Brain Network Integration, Segregation and Modularity in Very Preterm Infants at Term Equivalent Age

Marine Bouyssi-Kobar, PhD^{1,2,*}, Josephine De Asis-Cruz, MD, PhD^{1,*}, Jonathan Murnick, MD, PhD¹, Taeun Chang, MD³, Catherine Limperopoulos, PhD¹

¹The Developing Brain Research Laboratory, Department of Diagnostic Imaging and Radiology, Children's National Health System, Washington, DC

²Institute for Biomedical Sciences, George Washington University, Washington, DC

³Department of Neurology, Children's National Health System, Washington, DC

Soru1: Prematüre doğan bebeklerin beyinleri term yaşına geldiklerinde normal bebeklerle aynı mı?

MR ciddi anormallikleri olan bebekler dışlanıyor

Soru 2:MR normal olsa bile network normal mi?



Gruplar:

- 66 çok prematüre (VPT) bebek (<32 hafta, <1500 gr
- 66 sağlıklı term bebek



Hepsi term eşdeğer yaşta karşılaştırılıyor



Yöntem:

- rs-fMRI (resting state) connectome analizi
- Graph theory analizi

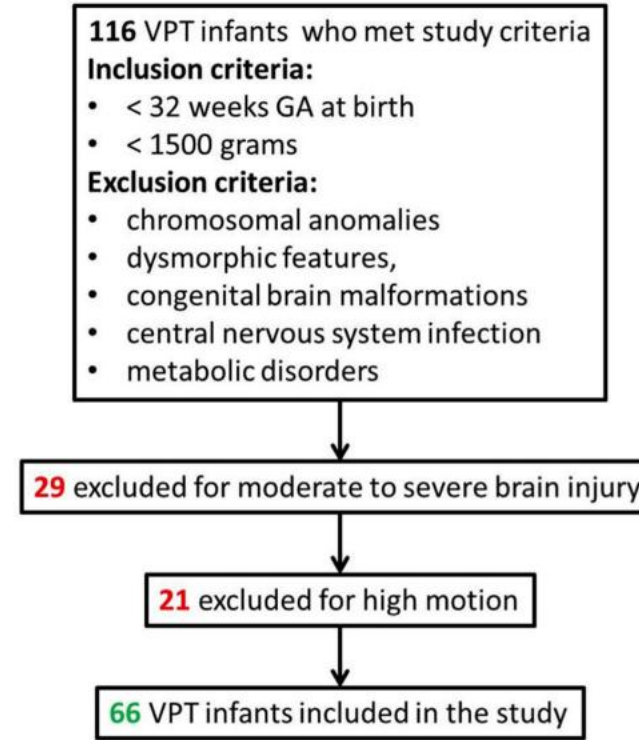


Figure 3. Modular brain organization in preterm and full-term infants. Spheres are nodes, lines are edges; color represent module membership. Note reduced number of connection between nodes in modules 1-3 (1 – red, 2 – green, and 3 – yellow) and increased density in module 4 (blue) in VPT compared with full-term infants.



ANA BULGU (EN KRİTİK)



Prematüre bebeklerde:



Segregation ↓ (azalmış)



Integration ↓ (azalmış)



Modüler bağlantılar zayıf

AMA



Small-world yapı korunmuş

Normal MR ≠ Normal Beyin

Outcome'u belirleyen:
KONNEKTOM

Prematüre bebeklerde beyin ağı yapısı korunmuş görünse de, bağlantı kalitesi ve organizasyonu bozulmuştur.

Preterm doğum beyin gelişimini sadece geciktirmez; network mimarisini yeniden şekillendirir.

Predicting 2-year neurodevelopmental outcomes in preterm infants using multimodal structural brain magnetic resonance imaging with local connectivity

Yong Hun Jang, Jusung Ham, Payam Hosseinzadeh Kasani, Hyuna Kim, Joo Young Lee, Gang Yi Lee, Tae Hwan Han, Bung-Nyun Kim & Hyun Ju Lee [✉](#)

Scientific Reports **14**, Article number: 9331 (2024) | [Cite this article](#)

6506 Accesses | 10 Citations | [Metrics](#)

193 Prematüre bebek

- EP (extremely preterm) → < 28 hafta
- V-LP (very-late preterm) → 28–37 hafta

Multimodal yaklaşım:

1 MRI (Volumetri(MRG))

•Beyin hacmi

2 Yapısal network (DTI)

•Bağlantılar

•Konnektom

Bu bebeklerin 2 yaşındaki gelişimini tahmin etmede en önemlisi hangisi? Klinik, volüm, lokal konnektivite, global konnektivite

EP ve V-LP bebekler arasındaki nörogelişimsel farklılıkların belirlenmesi, erken müdahale stratejilerinin geliştirilmesi açısından önemlidir

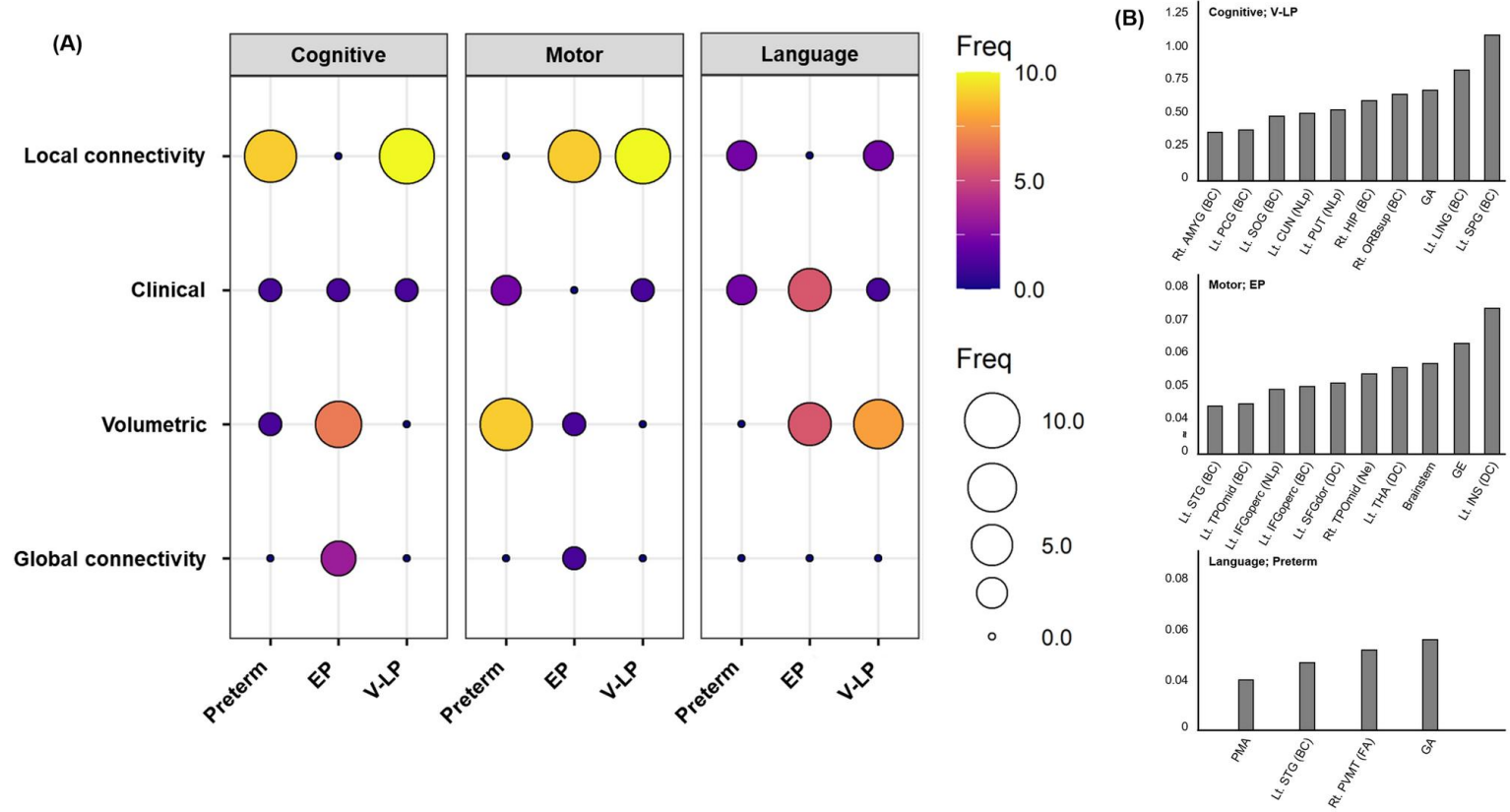
	Preterm (n = 193)	EP (n = 62)	V-LP (n = 131)	p-value (EP vs. V-LP)
Demographics and maternal characteristics				
Gestational age, mean (SD)	29.87 (3.55)	25.65 (1.4)	31.23 (2.74)	<0.001
Postmenstrual age, mean (SD)	37.8 (2.16)	38.34 (2)	37.56 (2.38)	<0.027
Birth weight (g), mean (SD)	1355 (594)	872 (195)	1583 (583)	<0.001
Small for gestational age, n (%)	28 (15)	9 (15)	19 (14)	1
Male sex, n (%)	85 (44)	28 (45)	57 (44)	0.952
Maternal age, mean (SD)	33.69 (4.13)	33.75 (4.81)	33.66 (3.77)	<0.896
Maternal education, n (%)				
< 6 years	2 (1)	1 (1.6)	1 (1)	1
< 12 years	37 (19)	13 (21)	24 (18)	0.07
< 16 years	123 (64)	45 (73)	78 (60)	0.003
> 16 years	8 (4)	1 (1.6)	7 (5.3)	0.034
Unknown or not reported	23 (12)	2 (3.2)	21 (16)	N/A
Clinical characteristics				
5 Apgar, mean (SD)	5.1 (1.81)	6.79 (1.63)	6.23 (1.62)	<0.001
IVH, n (%)	52 (27)	21 (34)	31 (24)	0.187
< IVH grade II, n (%)	7 (13)	4 (19)	3 (18)	0.302
BPD, n (%)	106 (55)	59 (95)	47 (36)	<0.001
BPD moderate/severe, n (%)	10 (9)	8 (14)	2 (4)	0.003
Follow-up characteristics				
Mean (SD) BSID-III Scores				
Cognitive	99.77 (14.43)	93.92 (13.91)	102.53 (13.83)	<0.001
Language	93.35 (13.08)	86.82 (13.08)	94.96 (12.23)	<0.001
Motor	100.6 (15.51)	95 (13.64)	103.25 (15.63)	<0.001

Table 1. Clinical and maternal characteristics of preterm infants. Data are presented as the mean ± SD or number (%). EP, extremely preterm; V-LP, very-to-late preterm; SD, standard deviation; N/A, not applicable; IVH, intraventricular hemorrhage; BPD, bronchopulmonary dysplasia; BSID-III, Bayley Scales of Infant and Toddler Development, Third Edition.

En büyük ve en parlak noktalar bağlantılara ait.

Nörogelişimsel sonucu belirlemede en önemli özelliklerin **lokal bağlantı parametreleri** olduğu gösterilmiştir

Prematüre bebeklerin geleceğini belirleyen şey sadece beynin büyüklüğü değil, bağlantıların nasıl organize olduğudur



(A) Number of importance features in the best performing model in each BSID-III subset frequencies range between 1 and 10. (B) Feature importance for the best performing model in all preterm groups. For all brain region abbreviations, see table S2 in the supplementary materials. EP, extremely preterm; V-LP, very-to-late preterm; Freq, Frequencies; BC, betweenness centrality; NL_p, nodal shortest path length; DC, degree centrality; N_e, local efficiency; GE, global efficiency; BSID-III, Bayley Scales of Infant and Toddler Development, Third Edition.

İki Farklı Patoloji: Kurulamayan vs. Yıkılan Konnektom

Prematüre Beyin

HİE (Hipoksik-İskemik Ensefalopati)



Beyin gelişimi aslında nöronlardan çok bağlantıların hikayesidir

Bu hikayenin en kritik noktası **doğumdur.**

- Prematüre doğan bebeklerde bu kritik dönemi kesintiye uğrar... **Köprü yeterince kuralamıyor**
- HİE'de ise bu kritik dönemde oluşan bağlantılar hasar görür**Köprü hasar alıyor**

!!!!!! Ağ organizasyonu bozuluyor ve yeniden şekillenmek zorunda kalıyor !!!!

Ağ organizasyonun temel bozulmaları tespit ederek, erken ve doğru müdahale programları ile nörogelişimsel süreç değiştirilebilir

AYNI HASAR → FARKLI GELECEK

Beyni Anlamak İçin Multimodal Düşün

BEYİN HASARI STATİK DEĞİLDİR;
DİNAMİK BİR AĞ BOZUKLUĞUDUR.



Structure + Function + Connectivity + Environment = Outcome



AYNI LEZYON,
FARKLI GELECEK.

“ Aynı MR’a bakıyoruz...
ama çocuklar farklı.
Çünkü biz lezyonu görüyoruz,
ağı görmüyoruz. ”



MULTİMODAL YAKLAŞIM,
SADECE HASARI DEĞİL,
GELECEĞİ GÖSTERİR.



NE ZAMAN HANGİ GÖRÜNTÜLEME? YENİDOĞAN BEBEKLERDE NÖROGÖRÜNTÜLEME ALGORİTMASI



PREMATÜRE BEBEK

Amaç:
Kanama, PVL ve beyaz cevher hasarını erken saptamak ve prognozu öngörmek.

KRANİYAL USG



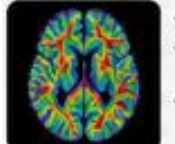
- Kolay, yatak başı
- IVH, PVL, ventrikül dilatasyonu
- Seri izleme için ideal

MR GÖRÜNTÜLEME



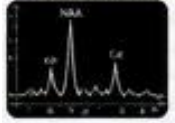
- Yüksek doku kontrastı
- Yapısal hasar, gelişimsel değerlendirme
- Prognoz için en güçlü yöntem

DWI / ADC



- Akut iskemik tespiti
- 2-5. gün arasında en duyarlı
- Erken prognoz güçlü çok yüksek

MR SPEKTROSKOPİ (MRS)



- Metabolik hasar göstergesi
- Laktat artışı kötü prognoz
- Tedavi yanıtını takipte yardımcı

PREMATÜRE BEBEK

DOĞUM - 24 SAAT



KRANİYAL USG

IVH, kanama, ventrikül boyutu değerlendirmesi

1-7. GÜN



KRANİYAL USG

Seri izlem (IVH progresyonu, PVL şüphesi)

7-28. GÜN



KRANİYAL USG

PVL ve yapısal anormalliklerin takibi

TERME EŞDEĞER DÖNEM (36-40 HAFTA)



BEYİN MR

T1, T2, DWI, SWI, DTI, MRS
Beyaz cevher gelişimi, mikroyapı ve metabolik değerlendirme

SONRASI



KLİNİK + GÖRÜNTÜLEME ENTEGRASYONU

Nörogelişimsel takip ve rehabilitasyon planlaması

HİPOKSİK İSKEMİK (TERM) BEBEK

DOĞUM - 6 SAAT



KRANİYAL USG

Kanama, malformasyon ve ventrikül boyutunun değerlendirilmesi

GÜN 1



EEG / aEEG

Beyin fonksiyonunun erken değerlendirmesi, prognostik bilgi

GÜN 2-3



NIRS (fNIRS)

Serebral oksijenasyon izlemi ve tedaviye yanıt takibi

GÜN 4-6



BEYİN MR (ERKEN)

DWI, ADC, T1, T2, SWI, MRS
Akut hasarın en iyi değerlendirildiği dönem

GÜN 10-14



BEYİN MR (GEÇ)

Lezyonların netleşmesi, pseudonormalizasyon sonrası değerlendirme

SONRASI



KLİNİK + GÖRÜNTÜLEME ENTEGRASYONU

Nörogelişimsel izlem ve bireyselleştirilmiş tedavi planı

EEG / aEEG



- Beyin fonksiyonunu gösterir
- Erken dönemde prognoz için güçlü belirteç

NIRS (fNIRS)



- Serebral oksijenasyonu ölçer
- Hipoksi ve tedavi yanıtını gerçek zamanlı izler



KLİNİK DEĞERLENDİRME

- Sarnat evresi
- Nörolojik muayene
- Laboratuvar bulguları



ENTEGRE PROGNOZ

Multimodal yaklaşım prognozu doğruluğunu artırır ve tedaviyi yönlendirir.

MULTİMODAL YAKLAŞIM = EN DOĞRU PROGNOZ



USG
(Yapısal)



MR
(Yapısal + Metabolik)



EEG / aEEG
(Fonksiyonel)



NIRS
(Oksijenasyon)

=



DAHA DOĞRU
PROGNOZ VE
ERKEN MÜDAHALE

MR SEKANSLARI VE NE SAĞLAR?

- T1 Ağırlıklı : Anatomik yapı, miyelinizasyon
- T2 Ağırlıklı : Ödem, yapısal hasar
- DWI / ADC : Akut iskemik
- SWI : Kanama, mikrodokanmalar
- DTI : Beyaz cevher bütünlüğü, bağlantılar
- MRS : Metabolik profil (NAA, Laktat vb.)

NİHAİ HEDEF



Beyin hasarını erken tanımak, prognozu doğru öngörmek ve nörogelişimsel sonucu iyileştirmek.

ZAMANLAMA KRİTİK! - DOĞRU MODALİTE, DOĞRU ZAMANDA, DOĞRU BİLGİ.

Vizyondan Kliniğe, Görüntülemeden Erken Müdahaleye Multimodal yaklaşım



Faz 1: Veri Toplama

(Term Eşdeğeri Dönem)

- Multimodal MRI, DTI ve fNIRS ile yapısal ve fonksiyonel konnektom haritasının çıkarılması
- Amaç gizli mikroyapısal hasarları görünür kılmak

Faz 2: Yapay Zeka ile Şifre Çözme

- Yerel bağlantı özellikleri ve klinik verilerin ML modelleriyle (örn. XGBoost) sentezlenmesi
- Amaç: 2 yaş Bayley-III kognitif, motor ve dil skorlarına dair bireyselleştirilmiş bir tahmini yapmak

Faz 3: Hedefe Yönelik Erken Müdahale

- Risk altındaki özellikli ağlara (örn. Talamokortikal yollar, Sol STG) yönelik **nöroplastisiteyi artıracak spesifik fiziksel, bilişsel ve konuşma terapilerinin aylar öncesinden başlatılması**

Sonuç: Bekle ve gör yaklaşımından, daha proaktif ve kişiselleştirilmiş yaklaşım nöro-korumaya geçiş

Sonsöz;



Yüksek riskli bebeklerde hedefimiz artık yalnızca hasarı tanımak değil **beynin geleceğini öngörebilmektir**

Bunun için hiçbir nörogörüntüleme yöntemi tek başına yeterli görünmüyor.

Multimodal nörogörüntüleme yaklaşımları ile gerçeği ve hatta geleceği ortaya çıkarmak mümkün görünüyor.

Beyni artık izole bölgelerden oluşan bir organ olarak değil, **yapısal ve fonksiyonel bağlantılardan oluşan muazzam bir ağ olarak değerlendiriyoruz.**

Birlikten kuvvet doğar !!!



**Kocaeli Üniversitesi
Tıp Fakültesi**

Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Anabilim Dalı



RİSKLİ BEBEKLERLE UMUDA YOLCULUKTA İTERDİSİPLİNER YAKLAŞIM

8 Kasım 2024

Öğle Yemeği-Kayıt ve Açılış Konuşması (12.00-12.30)

-Riskli Yenidoğanın Nörolojik İzlemi (12.30-13.15)

Prof.Dr. Kıvılcım Gücüyener
Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi
Çocuk Nörolojisi Bilim Dalı (Emekli öğretim üyesi)

-Yenidoğan Yoğun Bakım Ünitesinde Nörolojik Morbidite Nedenleri (13.15-14.30)

Prof.Dr. Ebru Ergenekon
Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi, Neonatoloji Bilim Dalı

Çay ve Kahve Molası (14.30-14.45)

- Riskli Bebeklerde Erken Müdahale ve Rehabilitasyon Yaklaşımları (14.45-15.30)

Prof. Dr. Bülent Elbasan
Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi
Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü

- Riskli Bebeğe ve Ailesine Psikolojik Yaklaşım ve Nörogelişimsel İzlem (15.30-16.15)

Prof. Dr. A.Şebnem Soysal Acar
Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi
Çocuk Sağlığı Ve Hastalıkları Ana Bilim Dalı

-Riskli Bebekleri Nasıl Besleyelim? (16.15-16.30)

Prof.Dr.Ayla Günlemez
Kocaeli Üniversitesi Tıp Fakültesi
Neonatoloji Bilim Dalı

16.30-17.00 Tartışma ve Kapanış

Tarih: 08.11.2024 Saat: 12.00-16.30

Yer: Tıp Fakültesi Konferans Salonu

İletişim: lemantekin15@yahoo.com

Tel: 0262 303 76 17





Altered Functional Brain Network Integration, Segregation and Modularity in Very Preterm Infants at Term Equivalent Age

Marine Bouyssy-Kobar, PhD^{1,2,*}, Josephine De Asis-Cruz, MD, PhD^{1,*}, Jonathan Murnick, MD, PhD¹, Taeun Chang, MD³, Catherine Limperopoulos, PhD¹

¹The Developing Brain Research Laboratory, Department of Diagnostic Imaging and Radiology, Children's National Health System, Washington, DC

²Institute for Biomedical Sciences, George Washington University, Washington, DC

³Department of Neurology, Children's National Health System, Washington, DC



NEYE BAKMIŞ? (KRİTİK KAVRAMLAR)

1 Segregation (özelleşme)



Beyin bölgeleri kendi işini yapabiliyor mu?

- Clustering coefficient
- Local efficiency

2 Integration (entegrasyon)



Beyin bölgeleri birbirine bağlanabiliyor mu?

- Path length
- Global efficiency



3 Modularity



Beyin “alt networklere” ayrılmış mı?



4 Small-world yapı



Hem lokal hem global dengeli mi?



BU NE DEMEK?



Beyin tamamen bozulmamış AMA



verimli çalışmıyor

“Network var ama kalitesi düşük



EN ÇARPICI SONUÇ



MR’da ağır hasar yok

AMA



network organizasyonu bozuk



MODÜL ANALİZİ (ÇOK GÜZEL NOKTA)

4 ana network bulunmuş:

- 1.Parieto-temporal (duyusal)
- 2.Frontal
- 3.Subkortikal/limbik
- 4.Oksipital (görsel)



Prematürede:

- İlk 3 modülde
- bağlantı AZALMIŞ
- Ama
- Görsel kortekste
- bağlantı ARTMIŞ



BU NEDEN?



Prematüre bebek:

- Anne karnında olmalıydı
- Ama dış dünyada
- Daha fazla görsel uyaran alıyor
- SONUÇ:

Erken sensory overstimulation → erken network değişimi