



Les 1000 premiers jours de l'enfant durent toute la vie

Rôle de la nutrition périnatale sur le développement cérébral

Smahi Mohammed Chems-Eddine

Service de Néonatalogie, EHS Mère-Enfant, Tlemcen.

Laboratoire de biologie moléculaire appliquée et d'immunologie, Université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen.

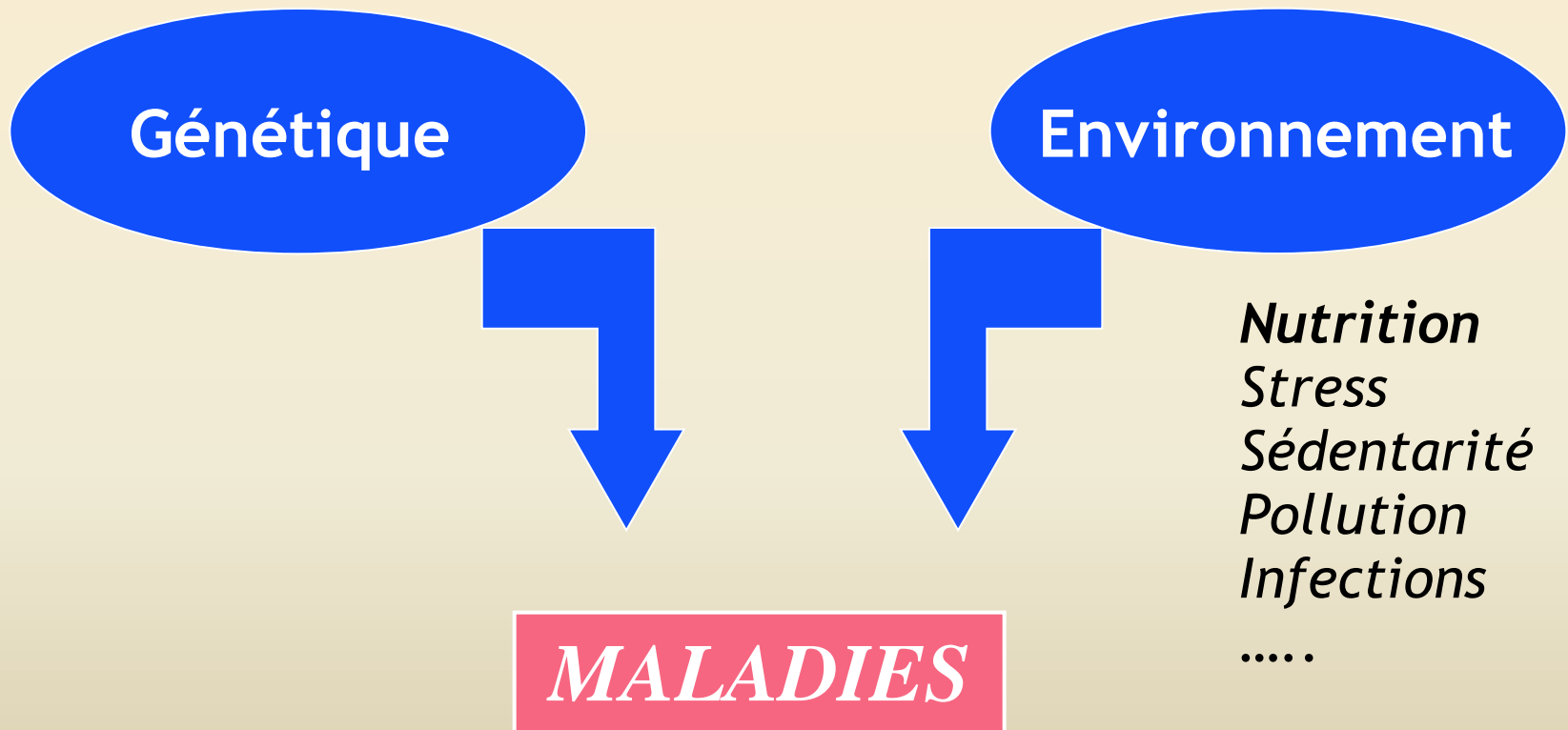
Symposium Danone Nutricia Early Life Nutrition
Journées de Nutrition de Constantine, le 12 Mai 2014

Déclaration de conflit d'intérêt



**Prise en charge par Danone Nutricia
Early Life Nutrition: billet d'avion et
hôtellerie**

Impact de la Nutrition dans l'enfance sur la Pathologie...?



Rôle essentiel de la nutrition des premières années de la vie

Le « Programming »

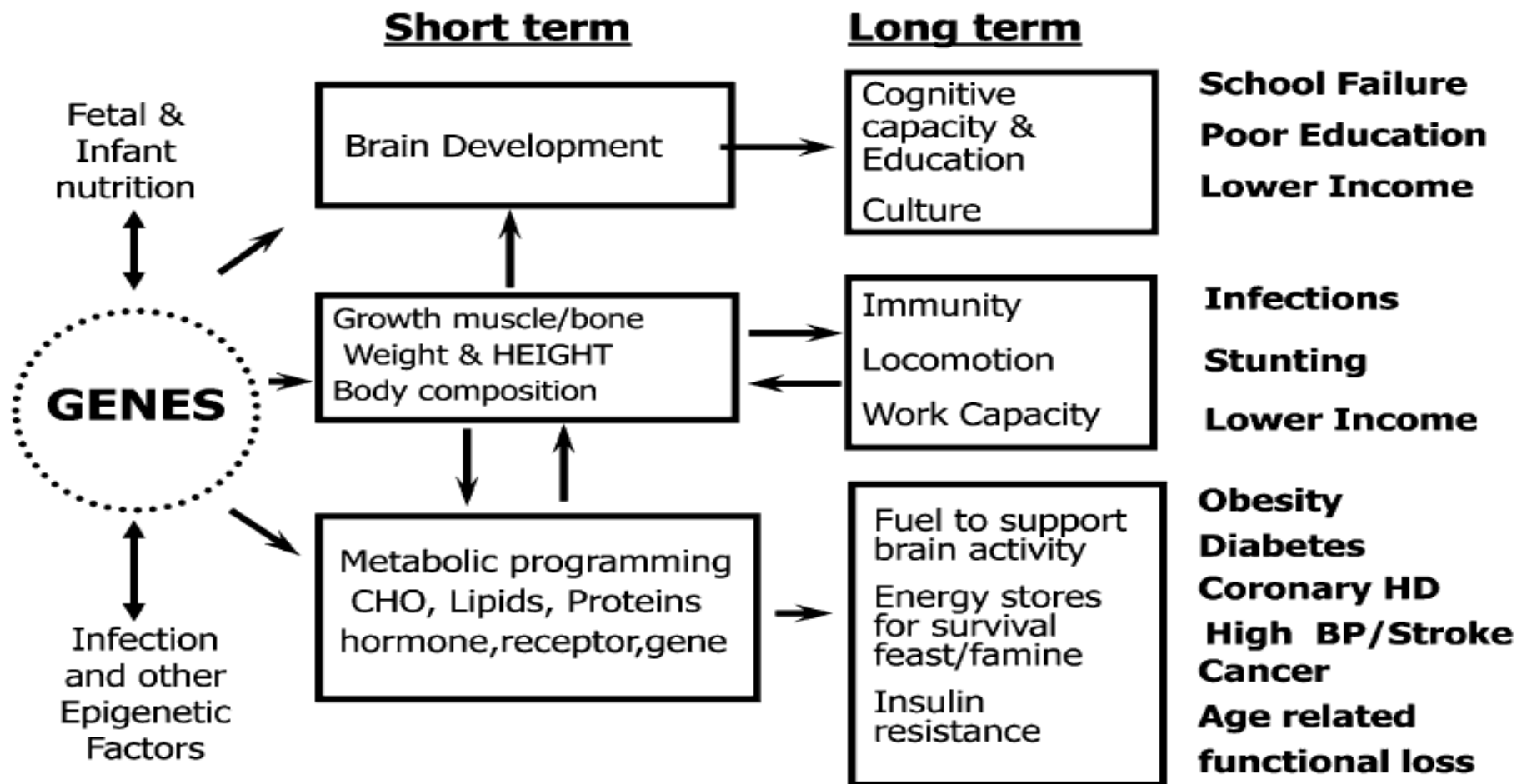
Insuffisance
d'apports

Excès
d'apports

Conséquences Définitives



Long term consequences of nutrition-gene-environment conditions in early life on relevant health and disease outcomes that have potential social and economic effect



Les 1000 jours, un enjeu stratégique

**1,000
DAYS**

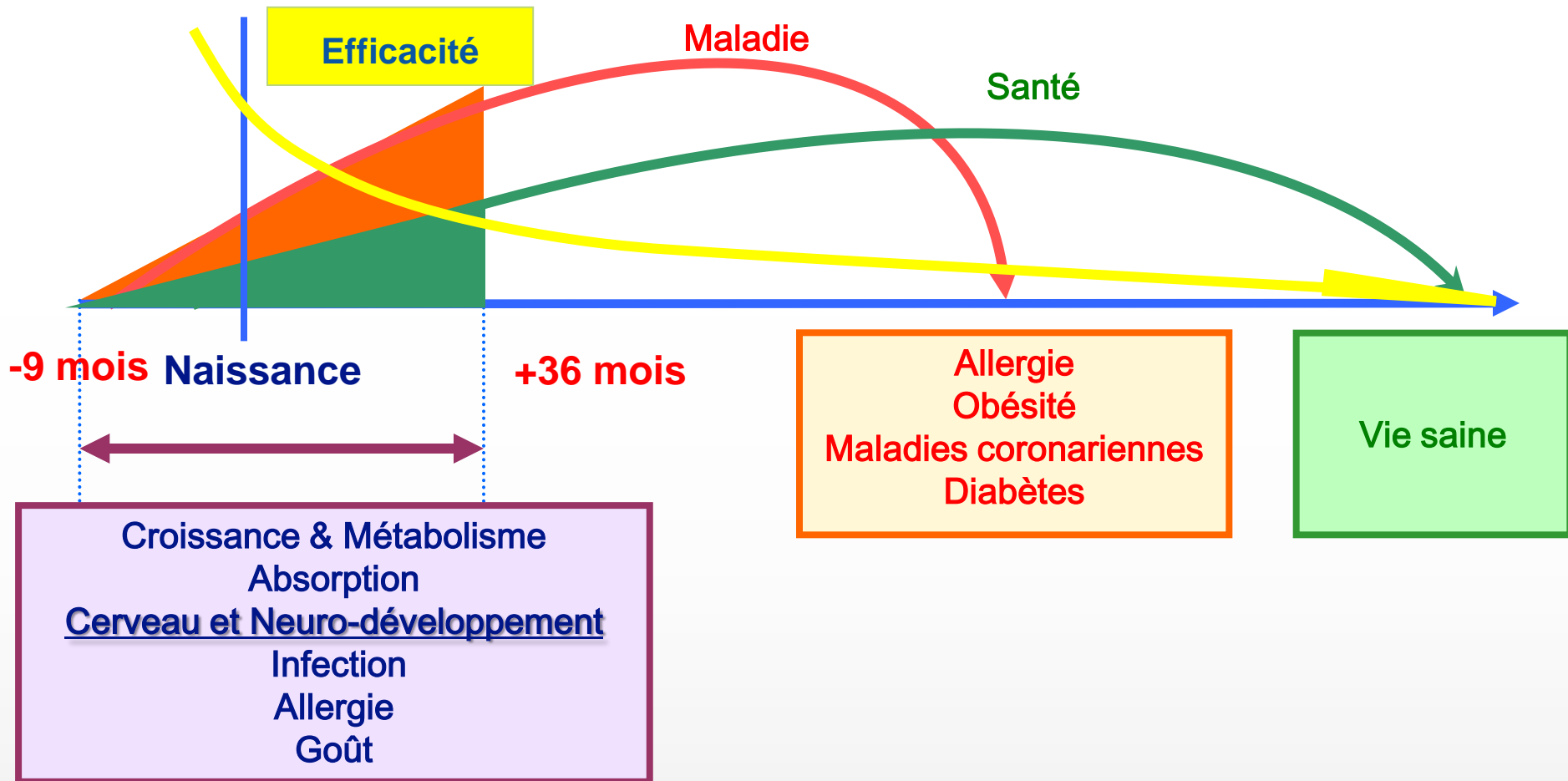
"Improving nutrition for mothers and children is one of the most cost-effective and impactful tools we have for poverty alleviation and sustainable development."

— May, 2012

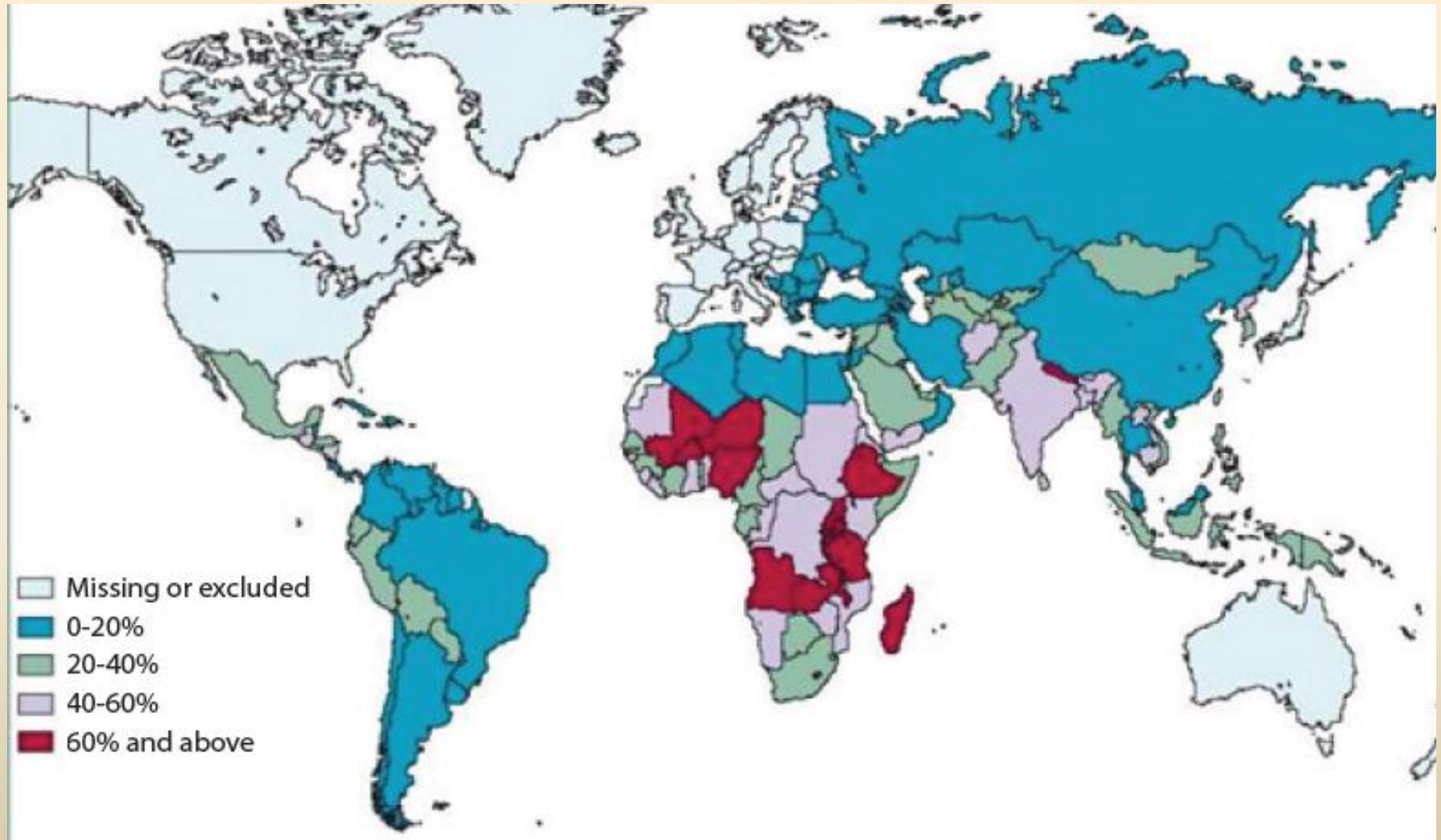
Learn More 



NUTRITION PRÉCOCE POUR UNE MEILLEURE SANTÉ PLUS TARD DANS LA VIE ?




**Pourcentage estimé par pays d'enfants < ans 5
n'atteignant pas leur potentiel de développement en 2004**



Grantham-McGregor et al. (2007)

Objectifs

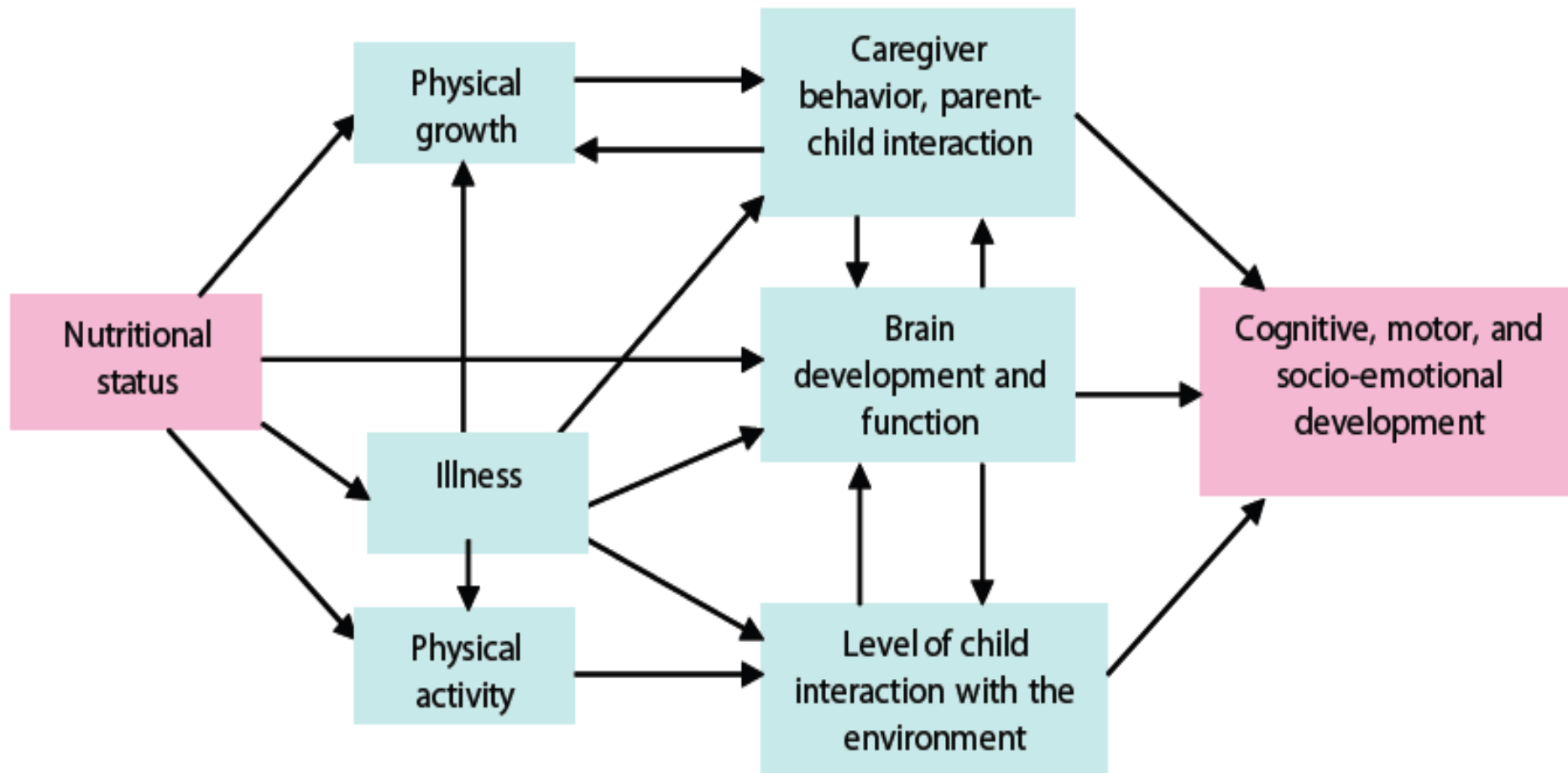
- 
- Identifier les éléments nutritifs qui sont particulièrement importants pour le développement du cerveau dans la période néonatale
 - Identifier les régions et les processus du cerveau particulièrement vulnérables à la malnutrition foétale / néonatale
 - Passer en revue les différents tests cliniques qui évaluent les fonctions cérébrales (globale et spécifiques) du nouveau-né et du jeune enfant

Sommaire



- Interactions Nutriment- Cerveau
- Nutriments Spécifiques (Protéines, Lipides, Fer, Zinc)
 - Besoins
 - Etudes
 - Évaluation du Statut Nutritionnel
 - » Cerveau
 - » Global du corps
- Évaluation du cerveau du prématuré
 - Outils disponibles
 - En fonction du nutriment

Potential mechanisms for the effect of nutrient deficiency on children's cognitive, motor, and socio-emotional development



Adapted from Levitsky & Barnes (1972) and Pollitt (1993)

Nutrition précoce et développement cérébral : Principes généraux



- Les Nutriments et les Facteurs de croissance régulent le développement cérébral durant les périodes pré et postnatales
- Croissance cérébrale rapide
 - vulnérable aux effets
 - se prête mieux à la réparationsuite à des perturbations nutritionnelles

“ La vulnérabilité l'emporte sur la plasticité ”

(NIH, 1994)

Nutrition précoce et développement cérébral : Principes généraux



- Les carences nutritionnelles peuvent entraîner des effets négatifs ou pas d'effets (head sparing)
- L'excès en nutriments/supplémentation peut produire des effets positifs, négatifs ou pas

Ce qui se produit est basé sur ...

Le Timing, la Dose et la Durée

**Kretchmer, Beard, Carlson
(AJCN, 1996)**

Nutriments avec effets particulièrement importants sur le développement cérébral



■ Macronutriments

- Protéines-Energie
- Lipides spécifiques (ex. AGPA-LC)

■ Micronutriments

- Fer
- Zinc
- Cuivre
- Sélénium, Iode (Thyroïde)


■ Vitamines/Cofacteurs

- Vitamines B(B6, B12)
- Vitamine A
- Vitamine K
- Folates
- Choline

Questions Fondamentales



- Si un nutriment affecte le cerveau, affecte t-il le comportement?
- Quelle est la force de ce lien?
 - Pour chaque nutriment?
 - Pour chaque période du développement?
- L'effet est il?
 - Transitoire (seulement durant la carence)
 - => dysfonctionnement aigu
 - À long terme (au-delà du temps de carence)
 - => modification de la trajectoire développementale



**Que se passe t-il dans le
cerveau au cours de cette
période de temps?**



25 DAYS



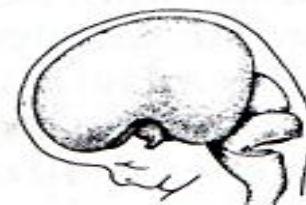
35 DAYS



40 DAYS

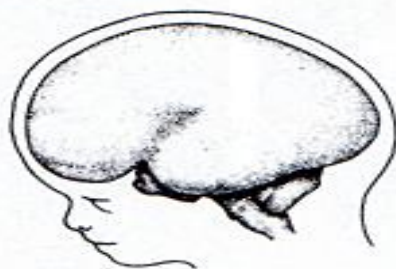


50 DAYS

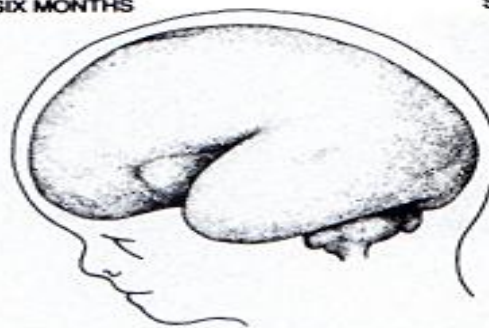


100 DAYS

FIVE MONTHS



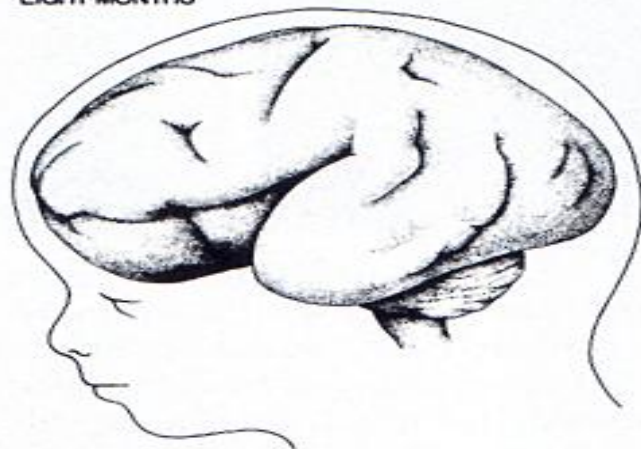
SIX MONTHS



SEVEN MONTHS



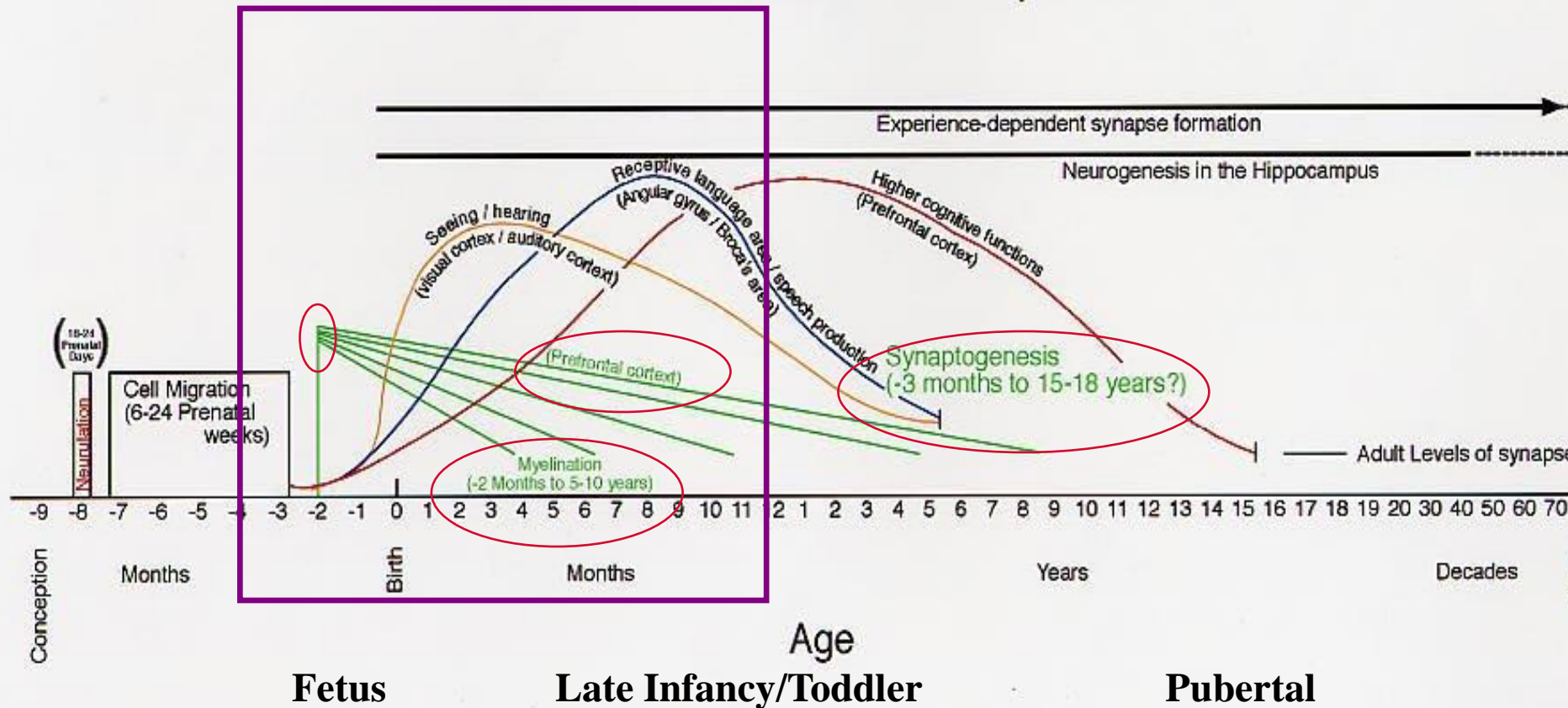
EIGHT MONTHS



NINE MONTHS



Human Brain Development





Protéines


Pourquoi le cerveau a besoin de protéines?



- La synthèse d'ADN, d'ARN (et entretien)
- La production de neurotransmetteurs (efficacité synaptique)
- La synthèse des facteurs de croissance
- Les protéines structurales
 - Extension des neurinites (axones, dendrites)
 - Formation des synapses (connectivité)

Devenir des RCIU : Etudes humaines

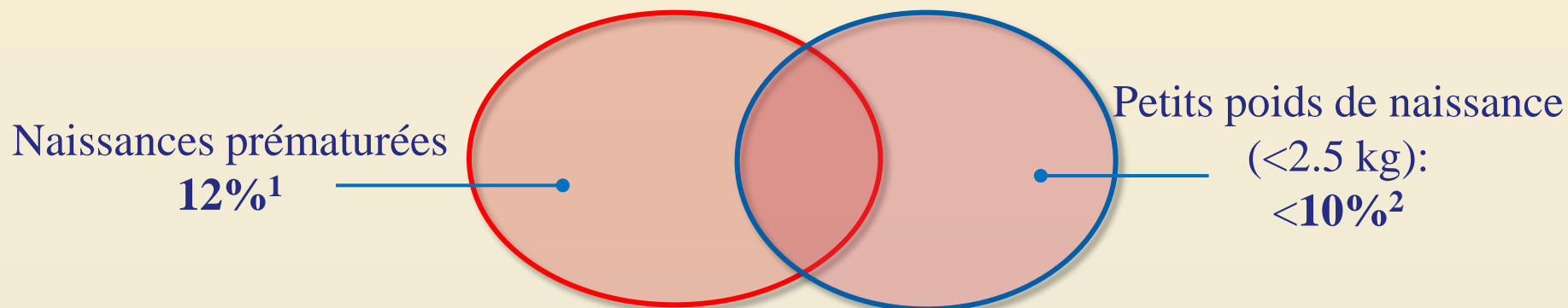
(Revue par Fuglestad *et al*, 2008; Handbook of Developmental Cognitive Neuroscience)

- 
- RCIU => Mauvais devenir développemental
 - Langage
 - La mémoire de reconnaissance visuelle
 - 6.8 points de déficit du QI à 7 ans (Strauss & Dietz, 1998)
 - Dose-réponse en fonction du degré de RCIU
 - 15% avec d'anomalies neurodéveloppementales légères
 - Aggravée par le retard de croissance postnatal (malnutrition prénatal + postnatal) (Casey *et al*, 2006; Pylipow *et al*, 2009)

Incidence des naissances prématurées en Algérie

✓ Première cause de mortalité néonatale (32.3%)*

* INSP, 2007



France³: 7,4% naissances prématurée en 2010

Sources: ¹Programme de Périnatalité, 2006 ; ²ALCIMED interviews ;

³DREES Etudes et Résultats n°775, octobre 2011 « La situation périnatale en France en 2010

Early Amino Acids and Head Growth

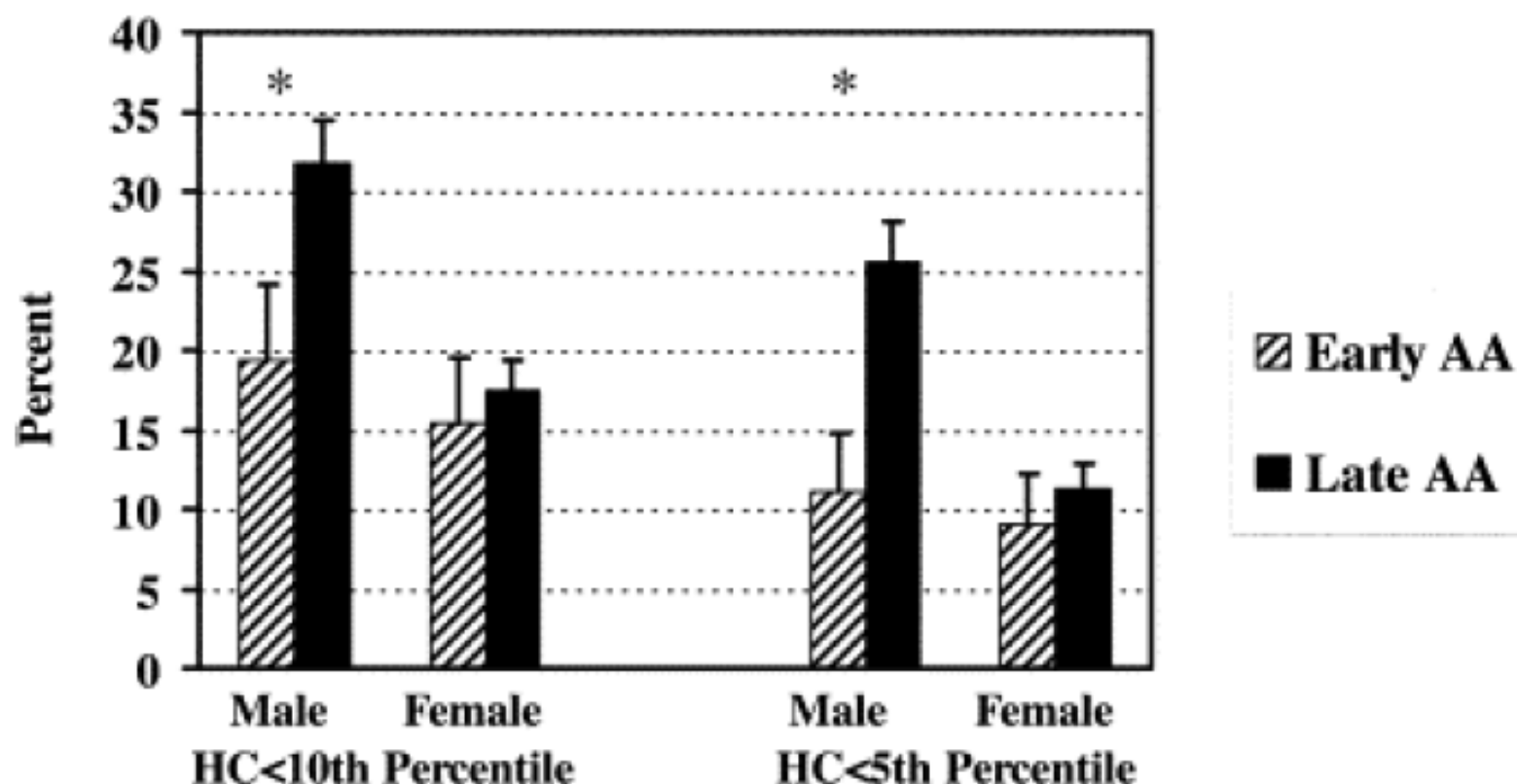
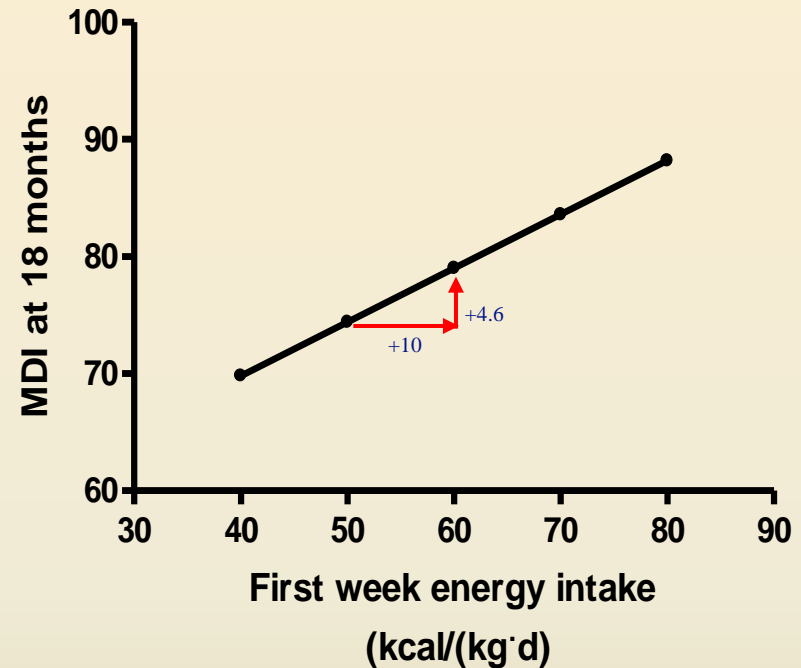
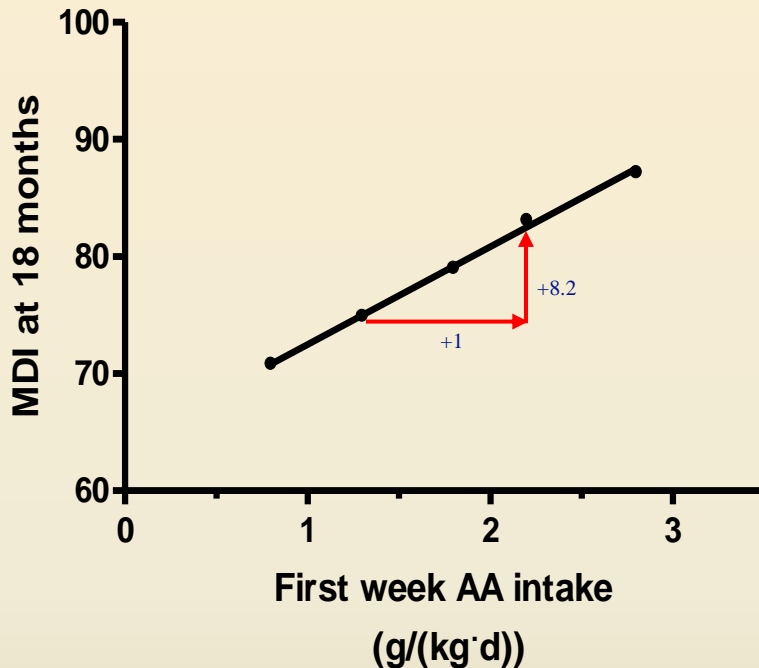


Fig. 3, pg 304 from Poindexter BB, Langer JC, Dusick AM, Ehrenkranz RA, et al. Early provision of parenteral amino acids in extremely low birth weight infants: relation to growth and neurodevelopmental outcome. J Pediatr. 2006 Mar;148(3):300-305.

Apports protéiques et énergétiques au cours de la première semaine et devenir neurodéveloppemental @ 18 mois



- Etude rétrospective de 124 nouveau-nés EPPN à 18 mois d'AC
- Moyenne (\pm DS) des apports en AA /1^{re} semaine: 1.8 ± 0.4 g/(kg·j)
- Moyenne (\pm DS) des apports en Energie /1^{re} semaine : 60 ± 8 kcal/(kg·j)

LAIT DE FEMME



Pour les nouveau-nés
à terme

Référence

Pour les prématurés

⇒ **Trop pauvre** en énergie,
protéines, calcium, phosphore,
vitamines et en oligo-éléments

La supplémentation avec les fortifiants du lait
maternel est nécessaire!

Si PN < 1000g supplémenter également avec
des fortifiants protéiques pour prématurés

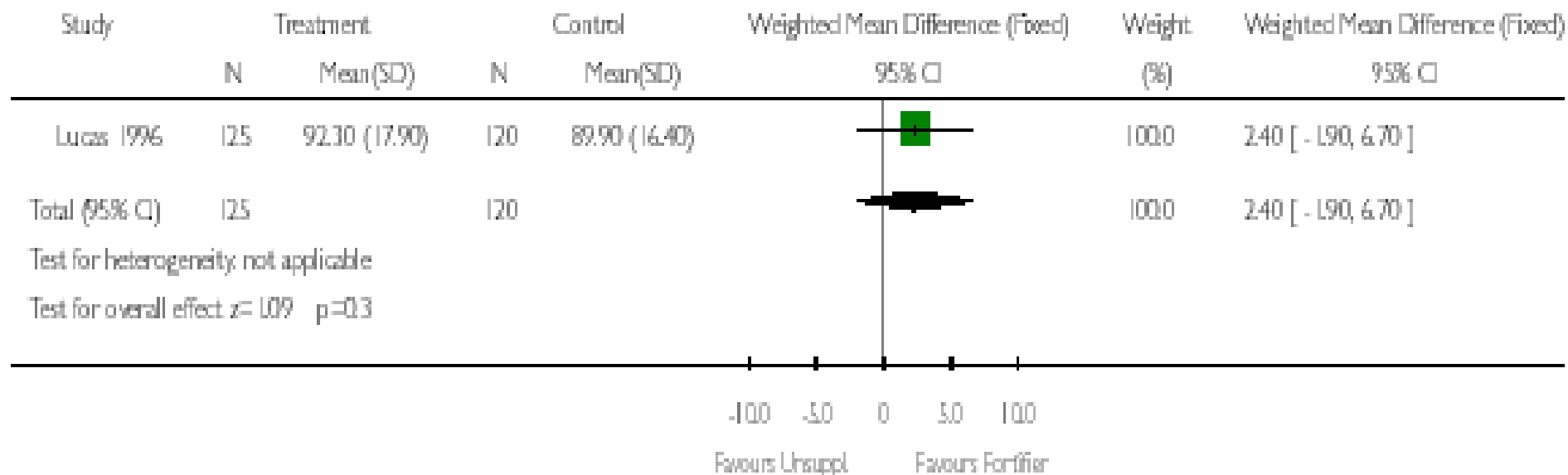
Enrichissement du lait maternel : Développement psychomoteur à 18 mois

Analysis 01.15. Comparison 01 Multicomponent fortification vs control (all trials), Outcome 15 Psychomotor development index at 18 months

Review: Multicomponent-fortified human milk for promoting growth in preterm infants

Comparison: 01 Multicomponent fortification vs control (all trials)

Outcome: 15 Psychomotor development index at 18 months



Statut en protéines : évaluation chez le nouveau-né

■ Les protéines du cerveau

- PC (sensible à la malnutrition sévère)
- IRM volumique (substance grise)

■ Les protéines totales du corps

Long terme

- » longueur; Courbe de croissance linéaire
- » Masse maigre (pli bicipital; DEXA; pléthysmographie)
- » Albumine sérique; Créatininémie

Court terme

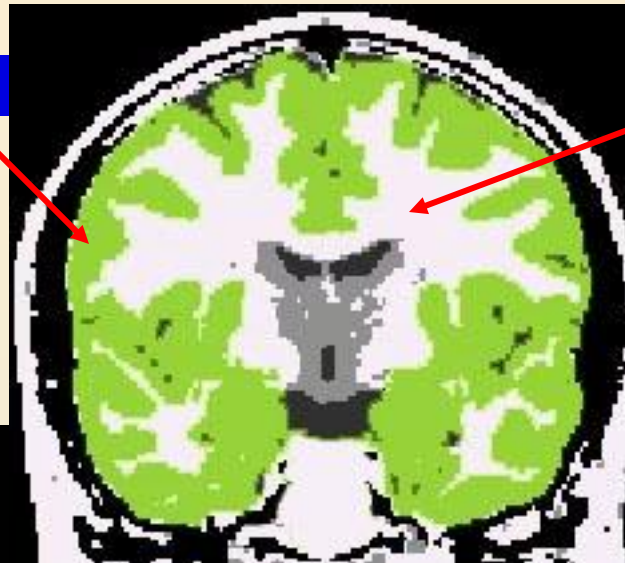
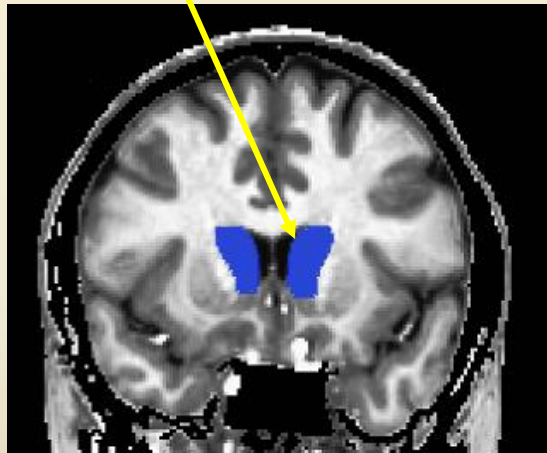
- » Urée sanguine
- » Protéines sériques à Turnover rapide (Pré albumine)
- » Profil des Acides Aminés (“aminogramme”)

Neuroimagerie: IRM volumique

Cerebral Cortex

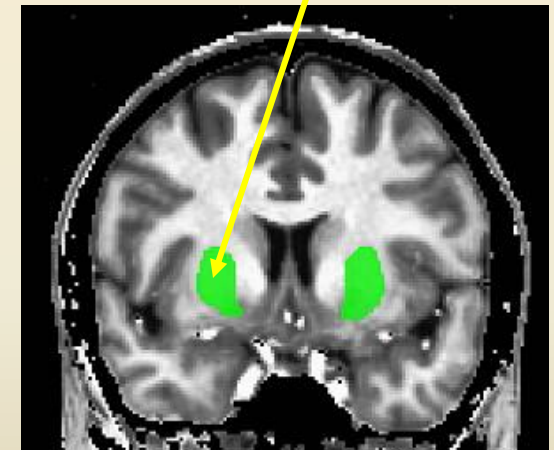
(Protein)

Caudate



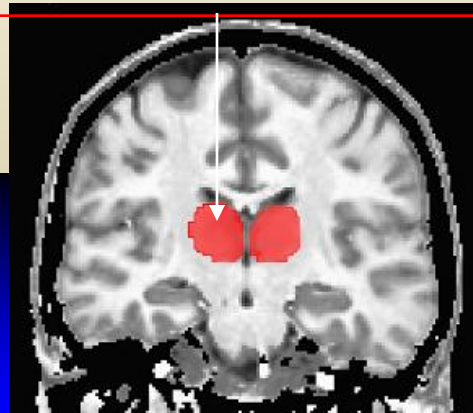
Cerebral White Matter

(Fat; Iron)
Putamen



Subcortical Nuclei

Thalamus



Psychiatry
Iowa
Neuroimaging
Consortium



Lipides

Pourquoi le cerveau a besoin de graisses ?



- Membranes cellulaires
- Formation des synapses
- Myéline



Acides Gras Polyinsaturés à Longue Chaîne

Effets neurobiologiques des AGPI-LC

- Carence en AGPI-LC
 - Altération du profil des acides gras
 - Comportement anormal incluant la vitesse de traitement visuel
- Effets suspectés sur le cerveau du fœtus et du nouveau-né
 - Production de myéline
 - Composition en acides gras de la membrane neuronale
 - Synaptogenèse
- D'autres effets pouvant inclure la signalisation cellulaire
- Inconnu: A quel degré de carence apparaissent les effets comportementaux

AGPI-LC et Développement Mental

- Taille de l'effet : prématurés > termes
- Études de Résultats sont de courte durée
 - Généralement brut (MDI) et ne sont généralement pas prédictif de la fonction plus tard
- Des études à long terme en cours; l'accélération précoce peut entraîner
 - Aucun avantage à long terme (le plus souvent)
 - Avantage Permanent
- Conclusion- Les études sont de faible puissance: l'efficacité à long terme

Long chain polyunsaturated fatty acid supplementation in infants born at term.

Karen Simmer, Sanjay K Patole, Shripada C Rao

Main results

Twenty-five randomised studies were identified; fifteen were included (n = 1889) and ten excluded.

Visual acuity was assessed by nine studies. Visual evoked potential was used in six studies, two used Teller cards and one used both. Four studies reported beneficial effects while the remaining five did not.

Neurodevelopmental outcome was measured by eleven studies. Bayley scales of infant development (BSID) was used in nine studies; only two showed beneficial effects. Meta-analysis did not show significant benefits of supplementation. One study followed the infants up to nine years of age and did not find benefit of supplementation. One study reported better novelty preference measured by Fagan Infant test at nine months. Another study reported better problem solving at 10 months. One study used Brunet and Lezine test to assess the developmental quotient and did not find beneficial effects.


Physical growth was measured by thirteen studies; none found beneficial or harmful effects of supplementation. Meta-analysis found that supplemented group may have marginally lower weight at one year of age.

Authors' conclusions

Majority of the RCTs have not shown beneficial effects of LCPUFA supplementation on the neurodevelopmental outcomes of term infants. The beneficial effects on visual acuity have not been consistently demonstrated. Routine supplementation of term infant milk formula with LCPUFA can not be recommended.

Long-term effects of LCPUFA supplementation on childhood cognitive outcomes

Colombo, J *et al*, 2013. *Am. J. Clin. Nutr.* 98, 403e

- 
- **Design:** 81 children (19 placebo, 62 LCPUFA) who participated in a DB-RCT of LCPUFA supplementation as infants were re-enrolled at 18 mo and tested every 6 mo until 6 y on age-appropriate standardized and specific cognitive tests.
 - **Results:** LCPUFA supplementation did not influence performance on standardized tests of language and performance at 18 mo; however, significant positive effects were observed from 3 to 5 y on rule-learning and inhibition tasks, the Peabody Picture Vocabulary Test at 5 y, and the Weschler Primary Preschool Scales of Intelligence at 6 y. Effects of LCPUFAs were not found on tasks of spatial memory, simple inhibition, or advanced problem solving.
 - **Conclusions:** The data from this relatively small trial suggest that, although the effects of LCPUFAs may not always be evident on standardized developmental tasks at 18 mo, significant effects may emerge later on more specific or fine-grained tasks. The results imply that studies of nutrition and cognitive development should be powered to continue through early childhood.

Statut lipidique: évaluation



- **Lipides du cerveau (expérimental)**
 - IRM Volumique (substance blanche)
 - Spectroscopie par résonance magnétique
 - Contenu en AG des membranes des globules rouges
 - » Meilleur moyen d'évaluer le statut AGPI-LC (S Innis, *Pediatric Research*, 1995)
- **Graisse corporelle**
 - Long terme
 - » Gain pondéral; proportionnalité du corps (P/T)
 - » Épaisseur du pli cutané; Indice de graisse du bras
 - » DEXA; Plethysmographie
 - Court terme
 - » Triglycérides sériques



Fer

Pourquoi le cerveau a besoin de Fer ?



■ Energie

- Fer retrouvé dans les cytochromes qui produisent l'ATP
- Besoins du cerveau en énergie (ATP) élevée chez le fœtus et le nouveau-né

■ Neurotransmetteurs

- Le fer est nécessaire pour le métabolisme de la dopamine, la sérotonine et la norépinephrine

■ Myéline

- Les enzymes contenant le fer sont nécessaires à l'incorporation des AG de la myéline

Que peut négativement affecter le statut néonatal en fer du cerveau?

■ Anémie Maternelle

- Foetus de mère très déficiente en fer (Hgb<8.5)
- Fréquente (>30%) dans les pays en développement (WHO report)

■ RCIU

- Généralement due à une HTA maternelle (Georgieff et al, 1995)

■ Diabète pendant la grossesse

- Préexistant ou Gestationnel (Georgieff et al, 1990)


■ Tabagisme maternel pendant la grossesse

■ Prématurnité

- [accrétion réduite du fer+ phlébotomie] - [transfusion + apports]

Carence périnatale en fer:

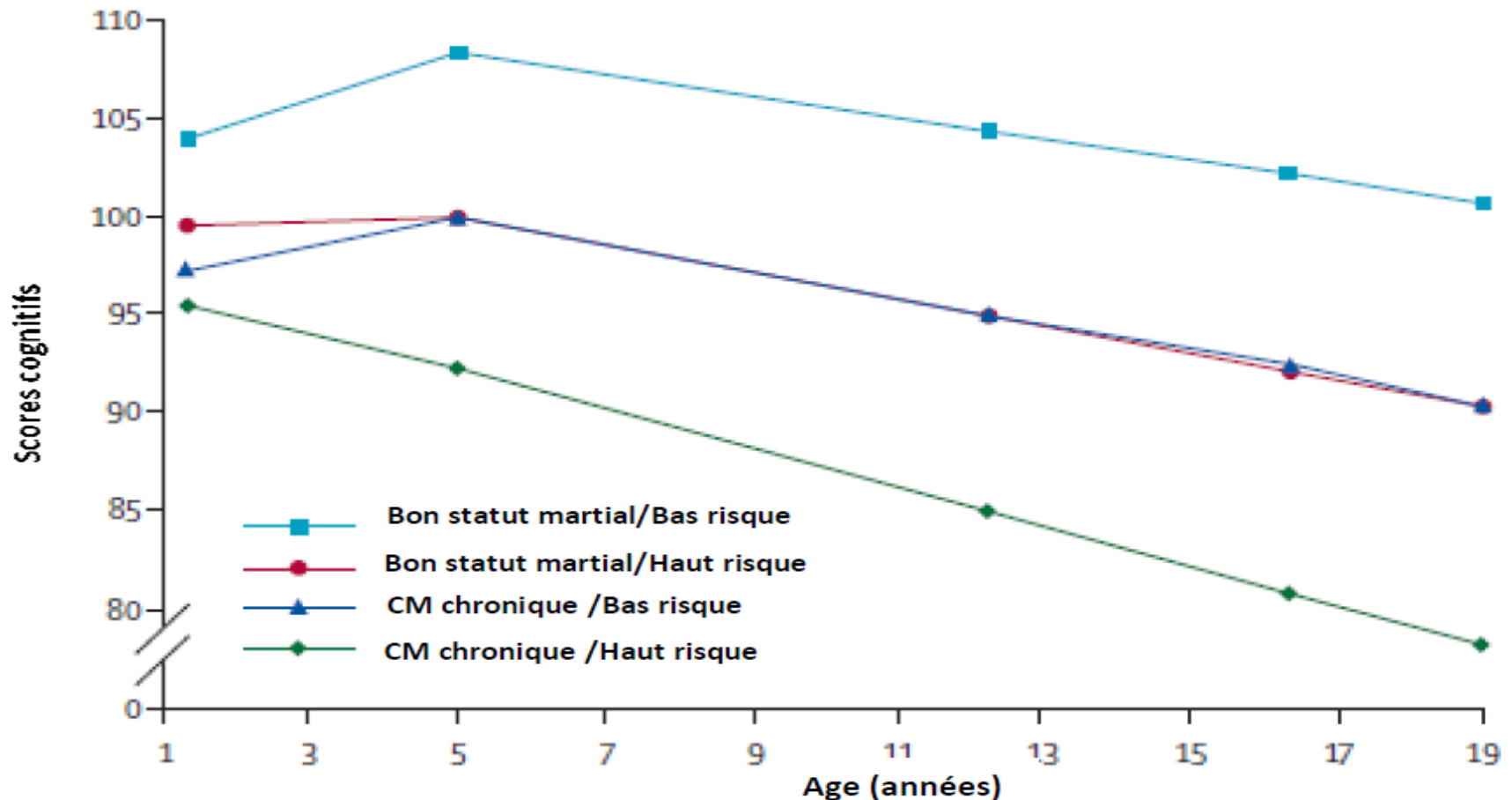
Etudes humaines



■ Anomalies du comportement

- Mémoire de reconnaissance plus faible chez les nouveau-nés (Siddappa et al, 2004)
- Plus faible Neurodéveloppement à l'âge scolaire (Tamura et al, J. Pediatr; 2002)
- Mémoire de travail altérée 3,5 ans après la réplétion en fer (Riggins et al, Dev Neuropsych, 2009)
- Réflexes neurologiques anormaux chez les prématurés à 36 semaines APC (Armady-Sivan, et al, J Perinatol, 2004).

Scores des tests cognitifs chez des jeunes adultes en fonction de leur statut martial dans l'enfance et des risques cumulés de l'environnement.



Maman: “Salut bébé”



Etranger: “Salut bébé”



DF64573

Evaluation du statut martial

(Pour revue, voir JL Beard et al, Lab Med, 38:103-108, 2007)

■ Fer cérébral


- Pas de mesures directes
- Ferritinémie du nouveauné < 35 mcg/L = Déficit cérébral en fer

■ Fer corporel


- Hémoglobine, VGM
- Protoporphyrines Zn ou libres erythrocytaires
- RSTf
- Ferritine sérique (mesures les reserves en fer)

L'anémie est un signe Tardif de CM. Le cerveau est déjà affecté!

Pourquoi le cerveau a besoin de Zinc

- 
- Interagit avec l'ADN (zinc finger proteins)
 - Nécessaire pour la synthèse des facteurs de croissance (IGF-1 et GH)
 - Important pour la libération des neurotransmetteurs
 - Développement du système nerveux autonome
 - Développement de l'hippocampe (apprentissage et mémoire)

Carence en zinc: Qui est à risque?

- 
- Nouveau-nés de mères carencées en Zn
 - Nourrissons présentant une malnutrition protéique
 - Nouveau-nés et nourrissons en APT prolongée avec apports inadéquats en Zn
 - Situations: intestin court / malabsorption

Carence en zinc: Etudes humaines



- Les foetus de mères carencées en zinc présentent :
 - Diminution des mouvements foetaux
 - Diminution de la variabilité de la FC
 - Altération de la stabilité du SNA
- En post natal:
 - Mémoire plus pauvre
 - » Diminution du comportement au regard préférentiel
 - » Mais, pas de différence sur l'indice de développement mental de Bayley

Evaluation du statut en Zinc



■ Zinc cérébral

- Pas de mesures directes

■ Statut dans l'organisme

- Difficile! Puisque les globules rouges contiennent du Zn, le sérum peut ne pas révéler les réserves totales de l'organisme
- L'approche la plus pratique est le taux de zinc sérique (<70 mcg/dL)
- La méthode la plus précise est le dosage sérique des métallothionéines ou dans les GR.




Peut-on évaluer les effets des nutriments sur le cerveau?

Sensibilité - oui

Specificité - pas vraiment!

Nutriments et circuit du cerveau périnatal

Nutriment	Besoin du cerveau pour le nutriment	Circuit/Processus Affecté
Protéines-Energie	Prolifération cellulaire Differentiation cellulaire Synaptogénèse facteurs de croissance	Global Cortex Hippocampe
Fer	Myeline Dopamine Energie	Substance blanche Striatal - Frontal Hippocampique - Frontal
Zinc	ADN Libération des neurotransmetteurs	SNA Hippocampe Cervelet
AGPA-LC	Synaptogénèse Myeline	Yeux Cortex?



Evaluation des circuits spécifiques des effets des nutriments sur le cerveau prématuré

Limites de l'évaluation neurologique & de la prédiction du développement chez les Prématurés



- Expression corticale limitée
 - => Mauvaise prédiction directe de la fonction plus tard
- Co morbidités: facteur confondant
 - => "n'est pas à son meilleur"
- Plasticité ultérieure / rattrapage
 - => "ce n'est pas aussi mauvais que cela puisse paraître"

Evaluation à la sortie à 36 SA

APC: Quel est le Répertoire?

- Périmètre crânien (PC)
- Examen Neurologique
- Electrophysiologie (EEG)
 - maturité EEG
 - Réponse au stress de la FC et de la TA – stabilité du SNA
 - PEA/ERG: latence - vitesse de traitement (Birch et al, 1992)
 - ERP (EEG fonctionnel)- mémoire de reconnaissance (deRegnier et al, 2000)
- Neuroimagerie
 - Echographie crânienne
 - IRM structurelle + Volumique Régionale (Peterson et al, 2001)
 - Images du tenseur de diffusion (DTI, diffusion tensor images) pour évaluer faisceaux myélinisés (Huppi et al, 2005)


Les évaluations et les nutriments à risque?

Que pouvez-vous diagnostiquer avec ce que vous pouvez mesurer?

EVALUATION	REGION CEREBRALE	NUTRIMENT(S) À RISQUE
PC	Global	Protéines- énergie
Reflexes	Global	Fer
	Myelinisation	? Protéines- énergie
Exam Neurologique	Global	Protéines- énergie
Maturité EEG	Cortex	Protéines- énergie
		? AGPA-LC
Réponse à la Stimulation FC, TA, cortisol salivaire	Systeme nerveux Autonome	Zinc

Les évaluations et les nutriments à risque?


Que pouvez-vous diagnostiquer avec ce que vous pouvez mesurer?



EVALUATION	REGION CEREBRALE	NUTRIMENT(S) À RISQUE
PETC/ERG	La myélinisation; l'efficacité synaptique (vitesse de traitement)	Fer AGPA-LC
PEA	Hippocampe (mémoire de reconnaissance)	Protéines Fer Zinc
IRM	Globale & Regionale Volumetrique	Protéines Lipides
IRM de diffusion tenseur de diffusion	Myeline & Intégrité des voies	Lipides Fer
Spectroscopie RM	Neurochimie	Fer

Évaluation fonctionnelle à 1 an :

Au-delà du Bayley


- 
- **Le Bayley à 12 mois est une évaluation générale de faible valeur prédictive pour le QI à 7 ans**
 - Facile à réaliser; largement disponible; utilisée dans les essais nutritionnels (par exemple AGPI-LC)
 - **Des neuromorbidités spécifiques importantes peuvent donner un QD dérivé du Bayley normal**
 - **Fonctions cérébrales spécifiques à risque nutritionnel qui peuvent être évalués dans l'année 1 :**
 - Mémoire de reconnaissance (Hippocampe): regard préférentiel (Fagan); PER Visuels, imitation déclenchée
 - Vitesse de traitement (Myéline efficacité synaptique): PEA; PER
 - Affect; Distractibilité (striatum; monoamine): score direct
 - Mémoire procédurale (striatum): études visuels d'amorçage

Les candidats à " l'Amélioration du cerveau "



- Choline
- Oligosaccharides
- Les facteurs neurotrophiques (facteurs de croissance)
 - Facteur neurotrophique dérivé du cerveau
- Acide DocosoHexaenoic (AGPA-LC)
 - Comme supplément plutôt que pour la réplétion de déficit (formules actuelles)

Rôle de choline dans le cerveau

- 
- **Nutriment Essential pour l'homme**
 - **Substrat pour les neurotransmetteur (acétylcholine)**
 - **A probablement un effet épigénétique (donneur de méthyle)**
 - **Favorise une plus grande taille neuronale, plus d'arborisation dendritique et une plus grande signalisation neuronale**
 - **Particulièrement dans l'hippocampe (apprentissage et mémoire)**

Effets de la supplémentation maternelle en Choline




- Nous ne disposons que d'études animales
- La supplémentation en choline de rates enceintes non carencées entraîne
 - Meilleure maturation structurelle de l'hippocampe
 - Meilleure performance que les contrôles sur la fonction de la mémoire
- Rare exemple de "si peu c'est bon, plus c'est mieux"
- Des études humaines sont en cours

(Pour une revue récente, voir le numéro supplémentaire de Brain Research, October 2008)

Est-ce que "l'Amélioration" dure?

Les réserves!

- 
- De nombreuses études "d'enrichissement" sont en fait des études de «moins de déficit»
 - AGPI-LC
 - Les premières études d'enrichissement chez les populations à risque (par exemple Head Start; IHDP) montrent de wash-out au fil du temps

Évaluation Neurocomportementale : générale

DOMAINE	NUTRIMENT À RISQUE	TEST	Age	Neuroimagerie	Age
Global	Protéines/ Energie Fer, Zn, AGPA-LC	PC	1-2.5 a <2.5 a >2.5 a	MR-Volumetrique	NB & >6 a
Myeline	Fer AGPA-LC?	Vitesse de traitement	4m	ABR, VEP ERP DTI	NB-> NB-> NB & > 6 a
SNA	Zinc	PDI (Bayley) Activité spontanée Coordination Bimanuelle	1-2.5a	MR Volume Regionale (sensoriel-moteur)	NB & > 6 a

Evaluation du domaine cognitif



Domaine	Nutriment	Comportement	Age	Neuroimagerie	Age
Cognition - Reconnaissance (HC)	Protéines/ Énergie Fer, Zn,	VPC	> 4 m	PEA (auditif)	NB
		Imitation déclenchée	> 12 m	PER (visuel)	4 m
		DNMS	> 6 m	ERP (cross-modal)	8 m
				HC Volume	NB/>6ans
Cognition - Travail (PFC)	Fer	Imitation déclenchée	>12 m	MR PFC volume	NB & > 6 ans
		CANTAB	>4 ans	fMRI	> 6 ans
Cognition - Procédurale (striatum)	Fer IVH*	Imitation déclenchée - amorçage	> 4 m	MR Caudate volume	NB & > 6 ans

Évaluation du domaine affectif

Domaine	Nutriment	Comportement	Age	Neuroimagerie	Age
Affect -Attention	Fer, Zn	Bayley CANTAB Flanker task	>12m >5ans >5ans	RM Frontale volume ?Dopamine challenge	NB & >6ans
Affect - Réactivité (HPA; SNA)	Fer, Zn	Retenue Séparation Immunisation	NB->	Réponse de la FC; tonus vagal	NB->
Affect - Interaction sociale	Fer	Mouvements spontanés (actigraphe) Bayley r	NB-> >12m	Aucun	

Évaluation : au-delà de 2 ans



- A partir de 5 ans, les lobes frontaux deviennent plus « testables » en utilisant la batterie CANTAB
 - La commutation de stratégie
 - La fonction exécutive; la planification
 - La mémoire de travail
- A 6-8 ans, les enfants peuvent être examinés sans sédation ce qui permet de réaliser une IRM fonctionnelle
 - La mémoire de travail (back4)
 - L'attention (Flanker task)
 - La mémoire implicite (Priming tasks)

Résumé

nutriments et cerveau



- La malnutrition peut avoir des effets concrets globaux ou sur des circuits spécifiques sur le développement du cerveau
- Les effets dépendent du moment et de l'ampleur du déficit en éléments nutritifs + le besoin du cerveau pour l'élément nutritif
- Certains nutriments ont des effets «signature» sur le cerveau

Résumé

Évaluation des effets de la nutrition sur le cerveau

- Point Clé: Faire correspondre le nutriment avec la région spécifique du cerveau en développement qui dépend de du nutriment
- Utiliser des évaluations spécifiques du cerveau qui sont sensibles à la carence en nutriment en question
- Les test des zones spécifiques du cerveau peuvent être fait à un très jeune âge, mais deviennent plus fiable au fur et à mesure que l'enfant grandit

Et, rappelons-nous, la nutrition est la seule chose en USIN pour laquelle on peut faire quelque chose!

Conclusion



- Une nutrition optimale pendant la gestation et la petite enfance (nutriments influençant le développement cérébral) est nécessaire pour le développement normal du cerveau.
- Grossesse et petite enfance sont des périodes cruciales pour la formation du cerveau, posant les bases pour le développement des aptitudes cognitives, motrices et socio-émotionnelles pendant l'enfance et à l'âge adulte.
- Les enfants avec un développement restreint de ces compétences au cours de la petite enfance sont à risque de problèmes neuropsychologiques plus tard, de mauvais résultats scolaires, d'abandon scolaire précoce, d'emploi peu qualifié, et de mauvais soins de leurs propres enfants, contribuant ainsi à la transmission intergénérationnelle de la pauvreté