中国特殊食品合作发展国际大会（第三届）暨国际特殊食品产业展览会
分论坛：儿童营养及营养性疾病发展论坛
第五届儿童营养及营养性疾病进展学习班 [2018-06-01-311(国)]

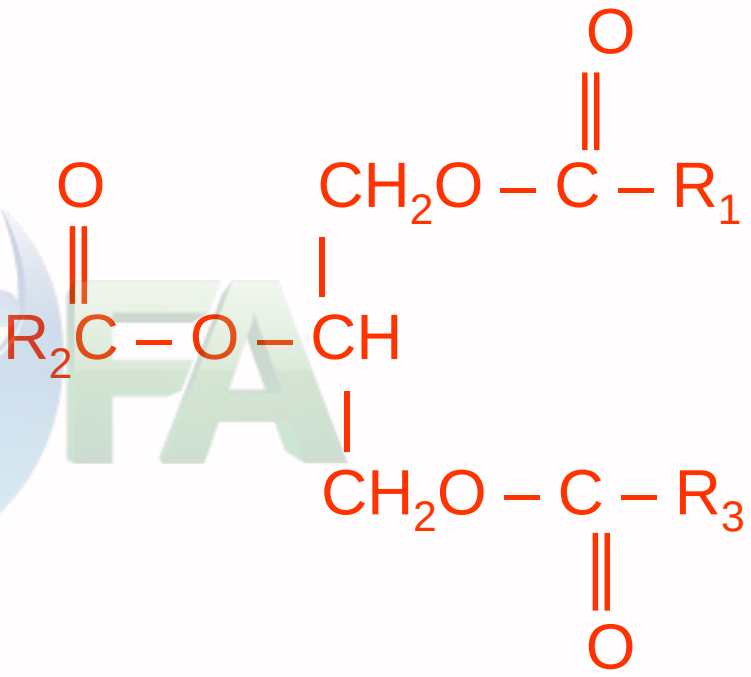
n-3多不饱和脂肪酸与儿童发育和健康

首都医科大学附属北京儿童医院
北京市儿科研究所
樊超男

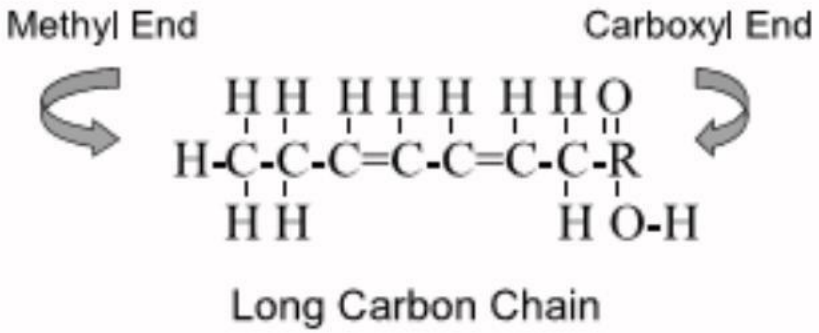
n-3 脂肪酸代谢与功能

什么是脂肪酸?

脂肪酸是构成甘油三酯的基本单位，为无分支的具有偶数碳原子的饱和或不饱和脂肪族羧酸。自然界中存在达100多种。



甘油三酯结构



脂肪酸结构

常见脂肪酸及分类

丁酸（butyric acid)	C4:0
己酸（caproic acid)	C6:0
辛酸（caprylic acid)	C8:0
葵酸（capric acid)	C10:0
月桂酸（lauric acid)	C12:0
肉豆蔻酸（myristic acid)	C14:0
棕榈酸（palmitic acid)	C16:0
硬脂酸（stearit acid)	C18:0
棕榈油酸（palmitoleic acid)	C16:1n-7
油酸（oleic acid)	C18:1n-9
亚油酸（linoleic acid, LA)	C18:2n-6
花生四烯酸（arachidonic acid, AA)	C20:4n-6
亚麻酸（linolenic acid, LNA)	C18:3n-3
二十碳五烯酸（eicosapentacenoic acid,EPA)	C20:5n-3
鱼祭鱼酸（clupanodonic acid)	C22:5n-3
二十二碳六烯酸（docosahexenoic acid, DHA)	C22:6n-3

短链
中链
长链

饱和
单不饱和
多不饱和

n-6系列
n-3系列

非必需
必需

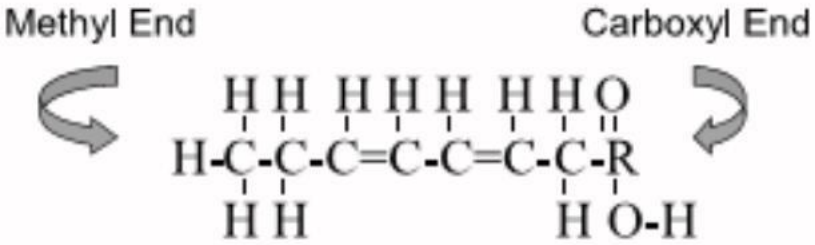
脂肪酸命名

碳原子数目

C18:0
C18:1n-9
C22:6n-3

双键数目

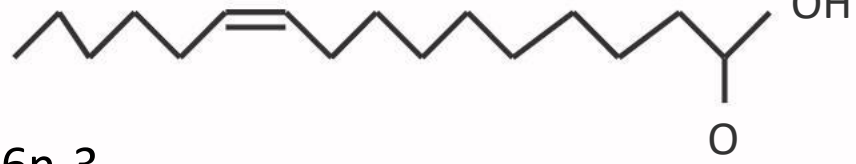
甲基端开始计算第一个双键所在的碳原子位次



脂肪酸结构

C18:0

C18:1n-9



C22:6n-3

Ω(n)编码体系－甲基端开始计算双键

Δ编码体系－羧基端开始计算双键

n-6、n-3多不饱和脂肪酸的主要来源

n-6系列

大豆油

玉米油

葵花籽油

n-3系列

亚麻油

↓

LNA

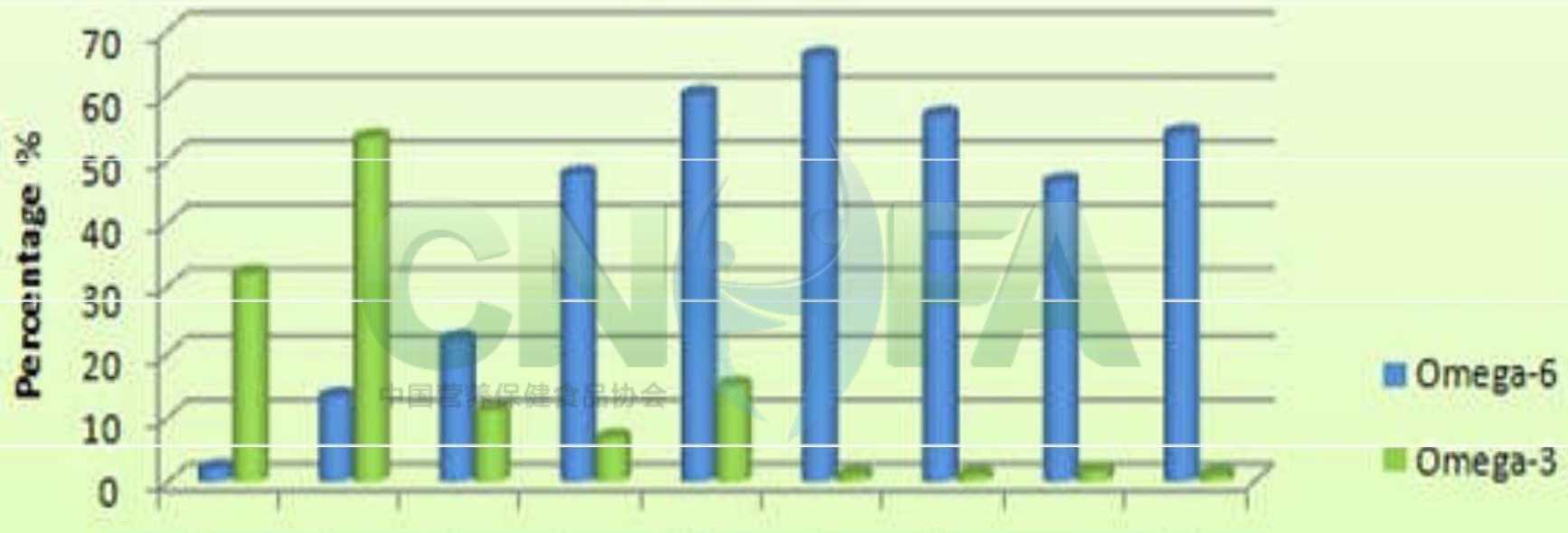
深海鱼类

↓

EPA:DHA=3:2

母乳

食用油中n-6和n-3 PUFAs的含量



EPA (20:5n-3)
DHA (22:6n-3)

LNA(18:3n-3)
亚麻酸

LA(18:2n-6)
亚油酸

极长链脂肪酸的食物来源

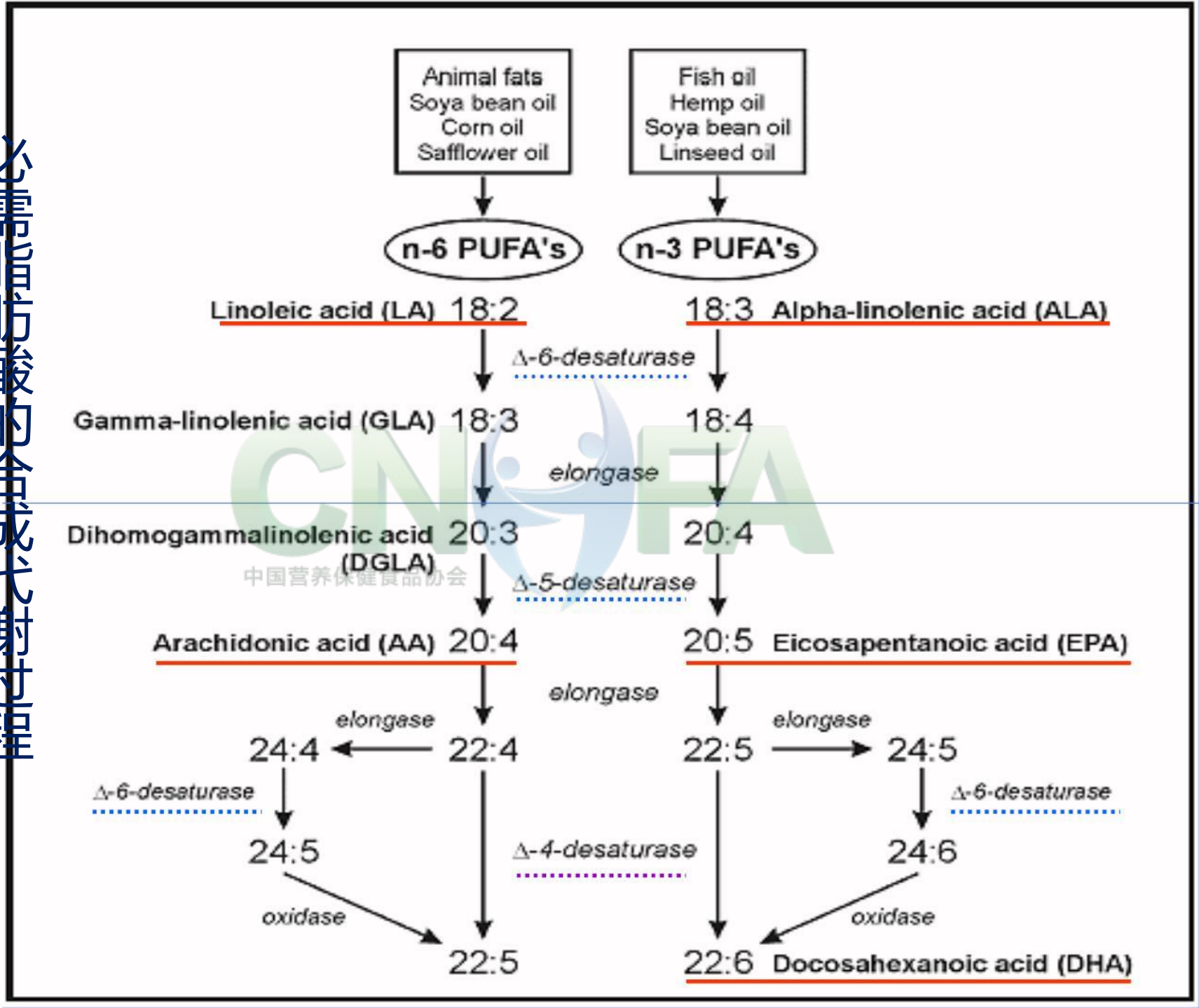
Fish		Amount (oz) needed to provide EPA and DHA (approx. 1 g/d)
Tuna	金枪鱼	
Fresh		2.5–12
Light†		12
White†		4
Pink Salmon	鲑鱼	2.5
Atlantic Salmon		
Farmed		1.5–2.5
Wild		2–3.5
Mackerel	鲐鱼	2–8.5
Herring	鲱鱼	1.5–2
Sardines	沙丁鱼	2–3
Cod	鳕鱼	12.5–23
Pacific Oyster	牡蛎	2.5
Rainbow Trout	虹鳟鱼	
Farmed		3
Wild		3.5
Lobster	龙虾	7.5–42.5
Alaskan King Crab	螃蟹	8.5
Shrimp	虾	11
Clam	蛤蜊	12.5
Scallop		17.5

100 -- 150 g/d

25-40 g/d

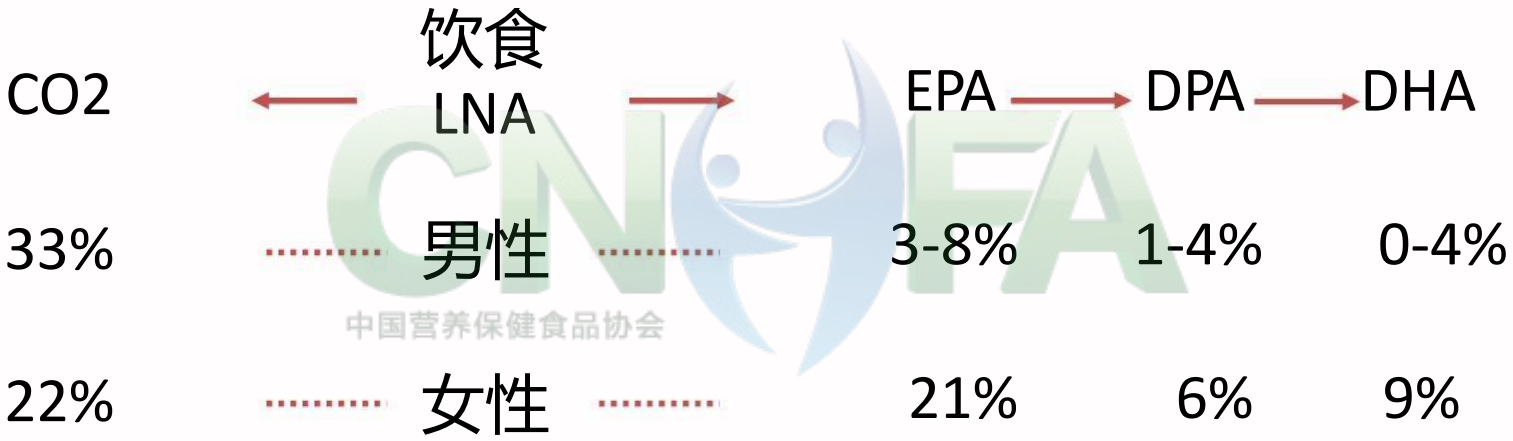
RNI 250 mg/d

必需脂肪酸的合成代谢过程

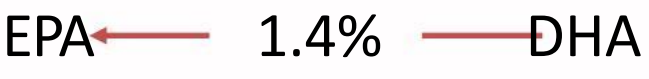


人体内源性DHA的合成能力

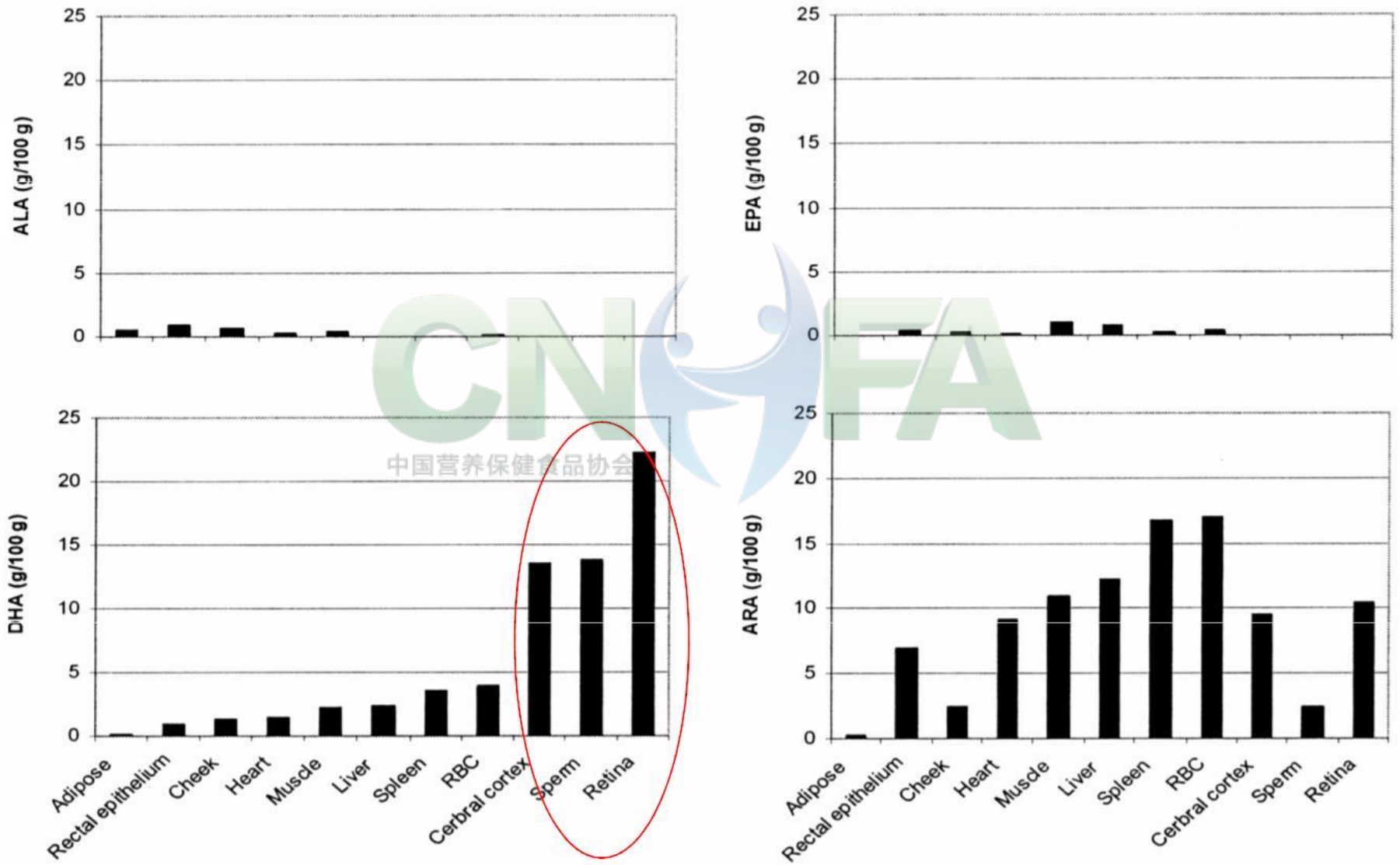
氧化供能　　转化为更长链PUFAs



LNA转化的EPA、DHA不能满足人体需求，必须摄取外源性EPA和DHA。



N-3 PUFAs在各组织中的含量



Arterburn, L. M et al. Am J Clin Nutr 2006;83:S1467-1476S

满足N-3 PUFAs在血浆和组织中饱和所需要的量及时间

DHA+EPA

2g/d

血浆饱和　1 月

组织饱和　3 ~ 6个月

乳汁饱和　1 周

哺乳期母亲补充n-3 PUFAs，很快就能使乳汁饱和，以满足婴儿的需求。

N-3 PUFAs的生理功能

- 能量来源
- 生物膜的构成成分

  膜的流动性、离子通道

- 生物活性物质的前体

  类二十烷酸（ecosanoids）

  抗炎性介质（resolvins）

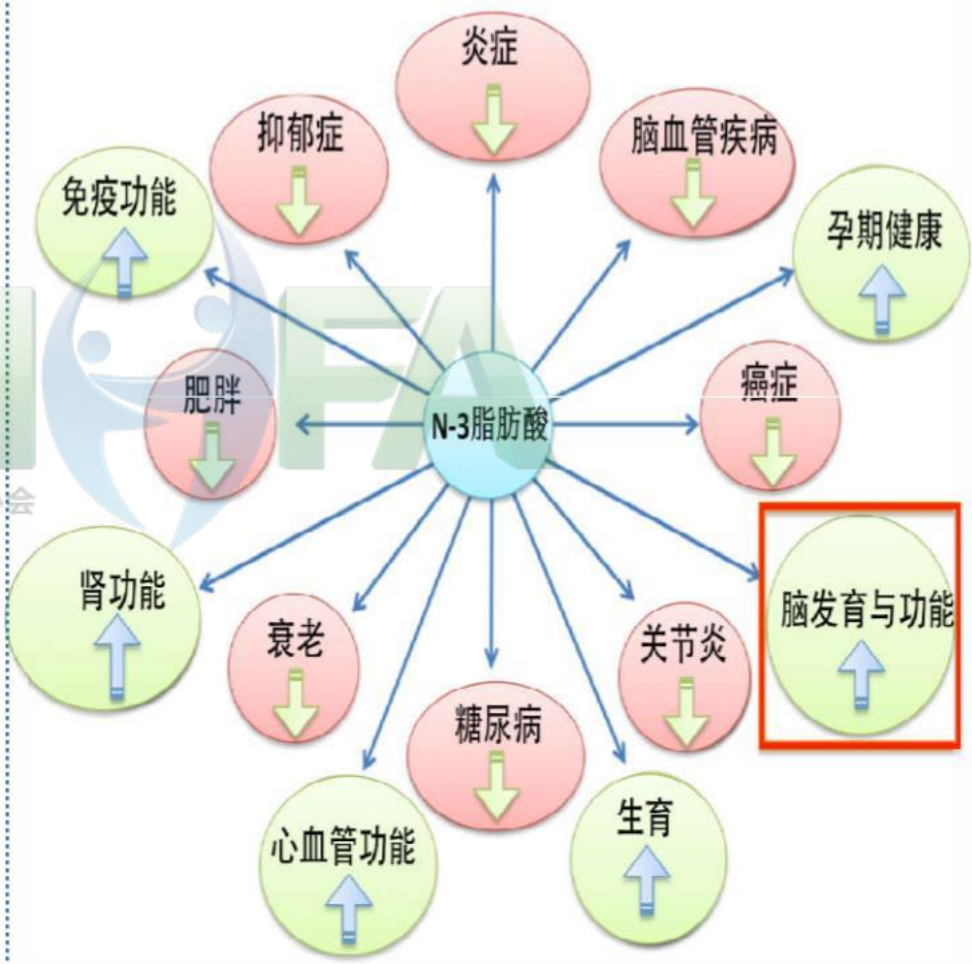
  神经保护素D1（NPD1）

- 抑制炎性细胞因子生成

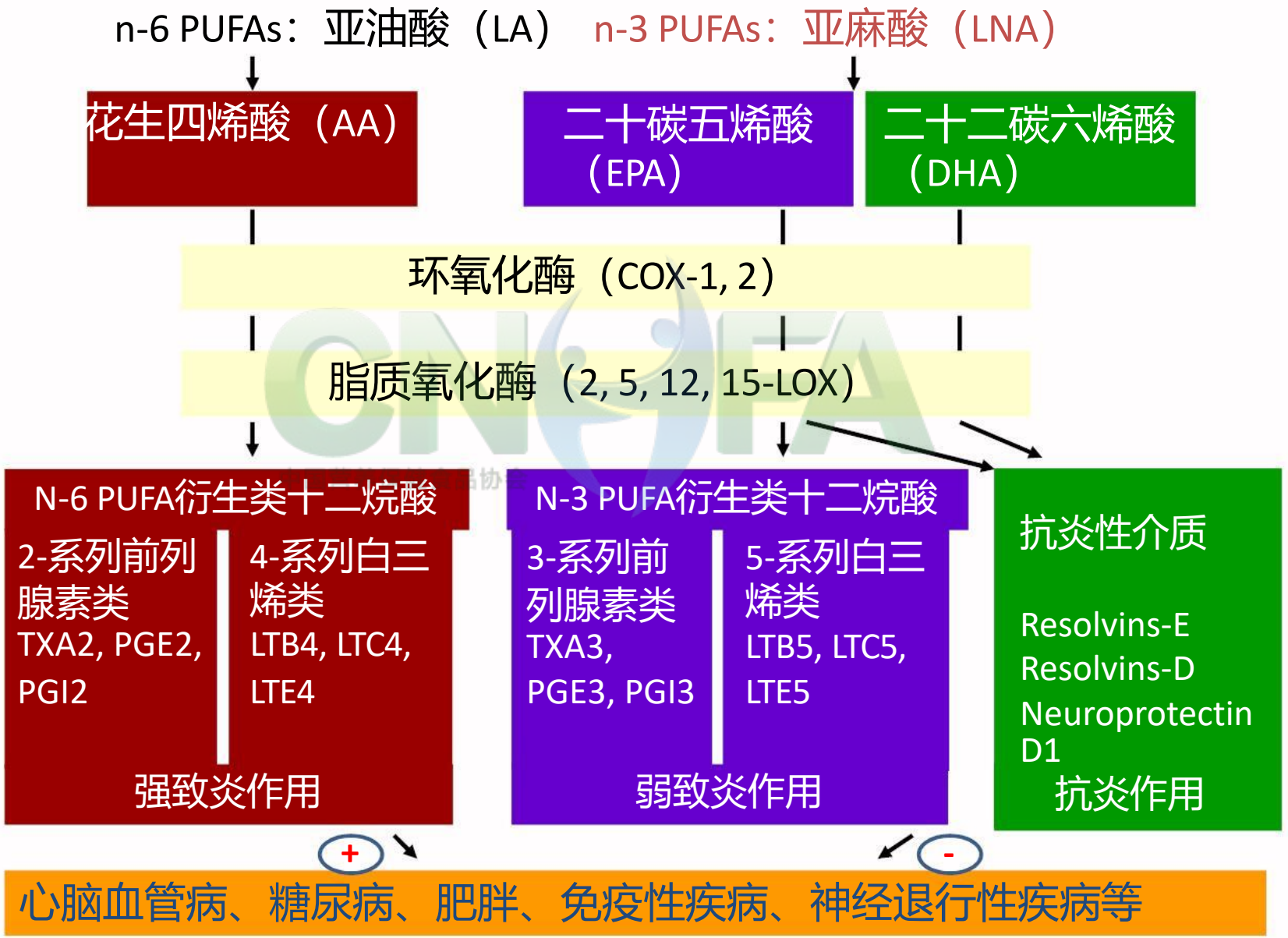
  TNFα，IL-1β，IL-6，IL-8

- 基因表达调节

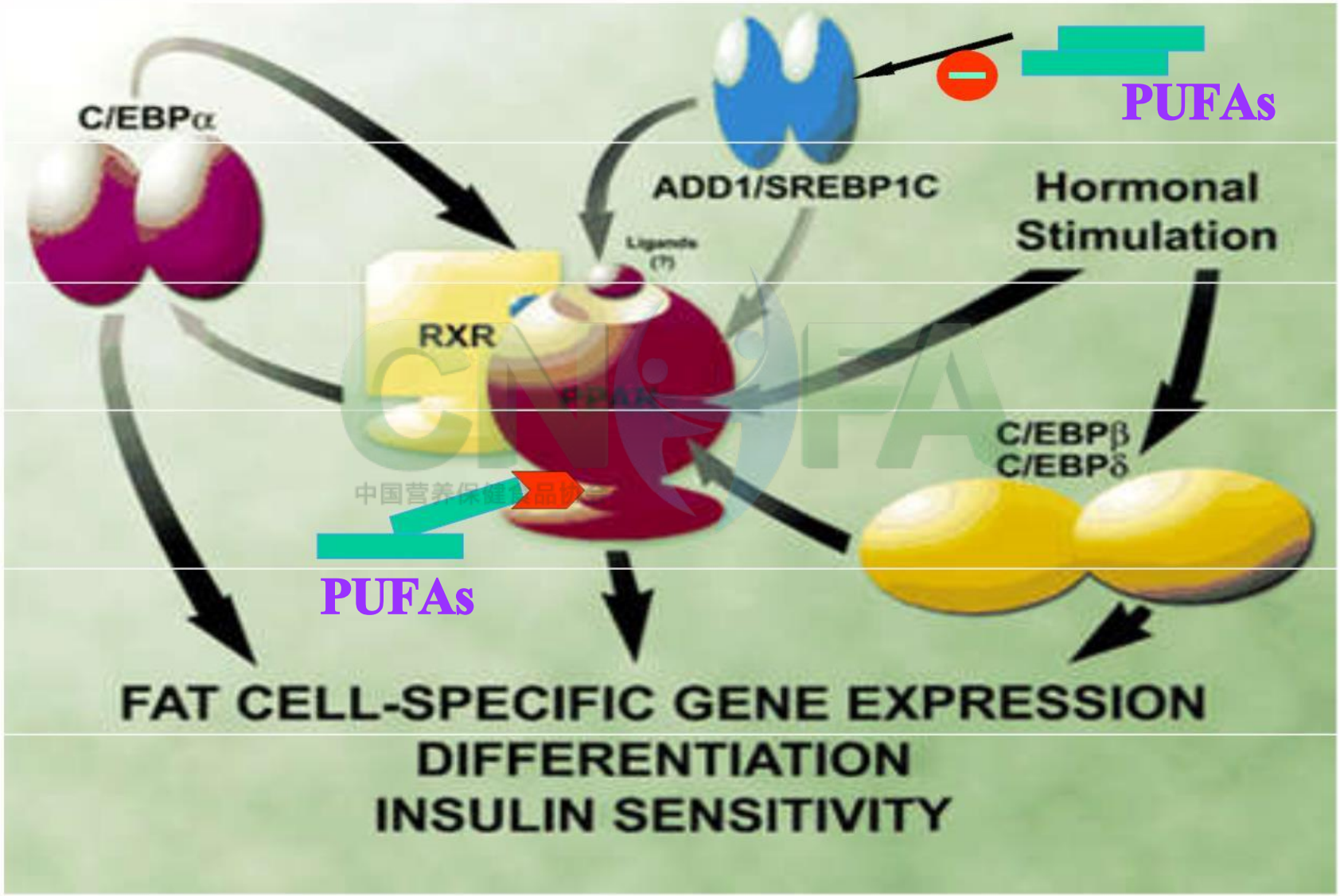
  通过调节转录因子（PPAR，SREBP）活性或表达对机体代谢、细胞增殖分化等过程中相关基因表达发挥调控。



PUFAs – 生物活性因子的前体

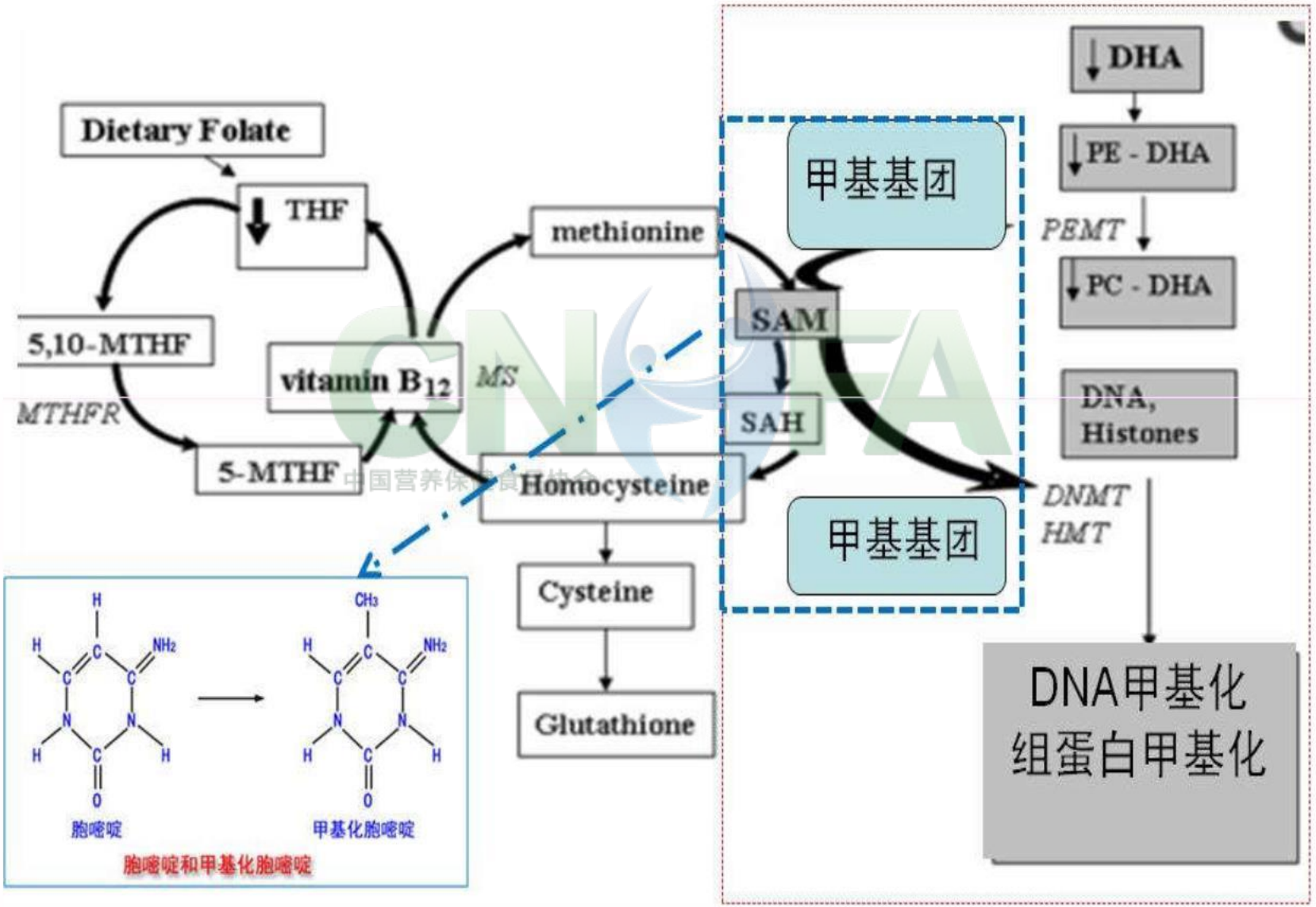


PUFA的基因转录调控

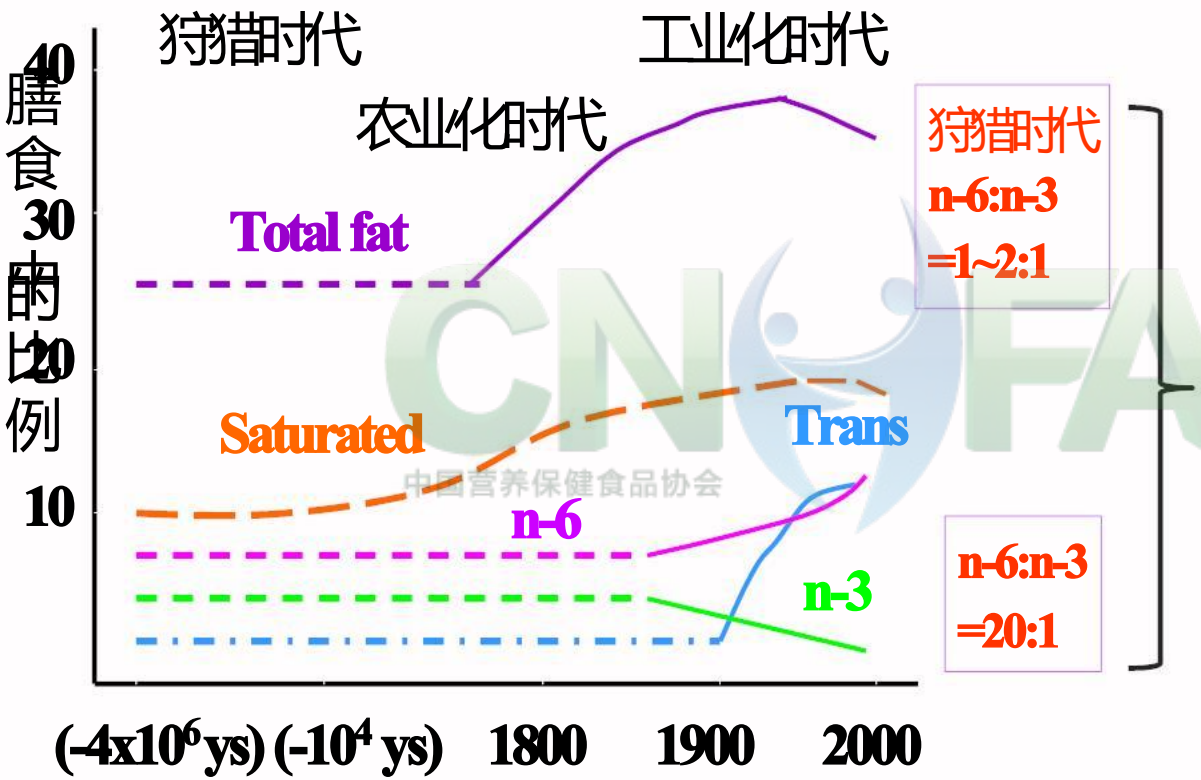


Rosen ED, et al. Genes & Dev, 2000, 14:1293.

N-3 脂肪酸与表观遗传


Dietary Folate
THF
5,10-MTHF
MTHFR
5-MTHF
vitamin B12
MS
methionine
Homocysteine
Cysteine
Glutathione
甲基基团
SAM
SAH
甲基基团
DHA
PE - DHA
PEMT
PC - DHA
DNA, Histones
DNMT
HMT
DNA甲基化
组蛋白甲基化
胞嘧啶
甲基化胞嘧啶
胞嘧啶和甲基化胞嘧啶

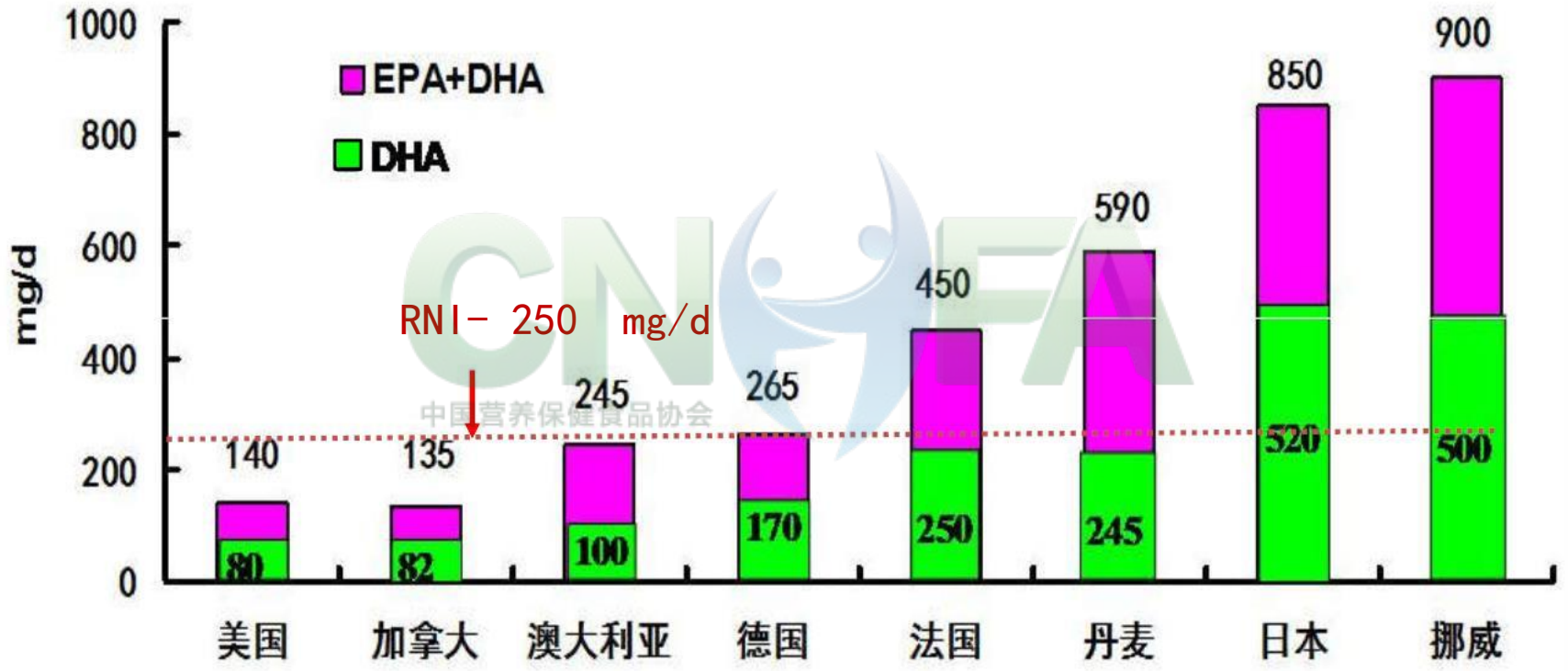
人类进化过程中膳食脂肪变化



– Simopoulos AP (1995) Nutr. Today

当今社会心血管系统疾病、糖尿病、肥胖、免疫性疾病以及神经退行性疾病等多种慢性非感染性疾病发生的高危因素之一。

居民膳食鱼油n-3 PUFA摄入量



Ann Nutr Metab 2014;65:49–80

N-3 PUFAs与孕期及哺乳期

婴幼儿、儿童获取DHA的途径

胎儿期

＊母体DHA:

-- LNA合成DHA

-- 饮食（鱼、蛋黄、乳制品）DHA

-- DHA补充剂

婴幼儿期

＊ 母乳DHA

＊ 配方奶粉添加DHA

儿童期

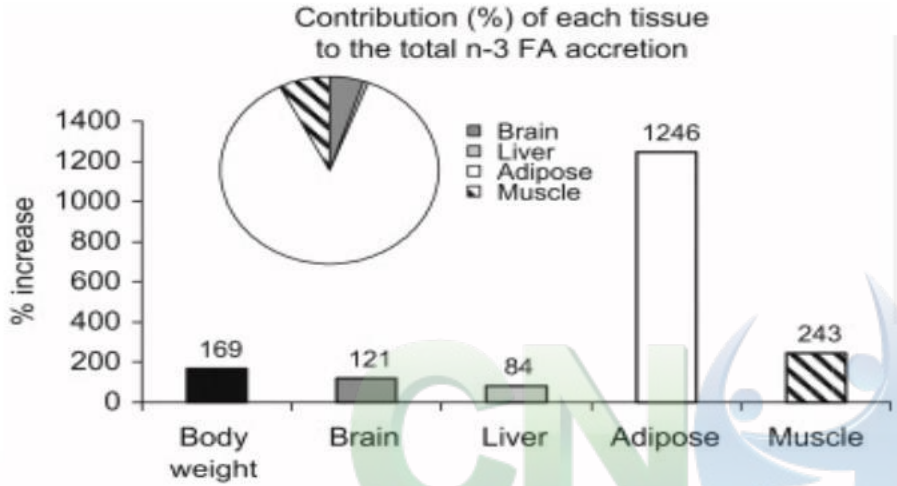
＊ LNA合成DHA

＊ 食物（鱼、蛋黄、乳制品）DHA

＊ DHA补充剂

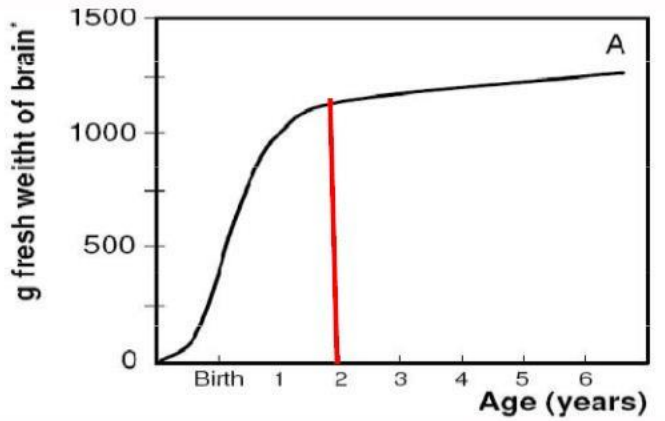
孕后期胎儿组织器官对PUFAs聚集

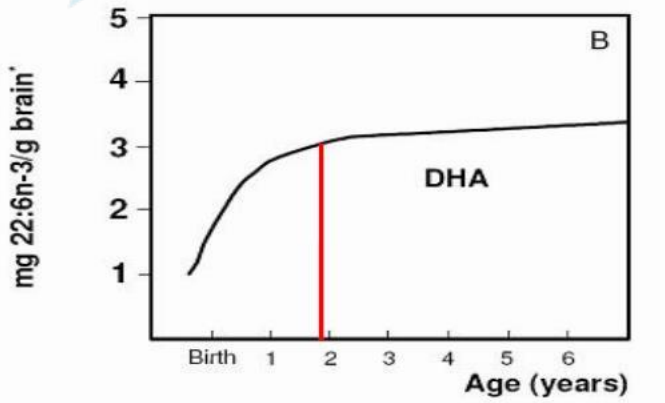
孕后期胎儿组织器官对PUFAs的聚集



孕后期胎儿对PUFAs的聚集量		
LA (18:2n-6)	184 mg/d	106 mg/kg.d
AA (20:4n-6)	368 mg/d	212 mg/kg.d
LNA (18:3n-3)	7 mg/d	4 mg/kg.d
DHA (22:6n-3)	75 mg/d	43 mg/kg.d

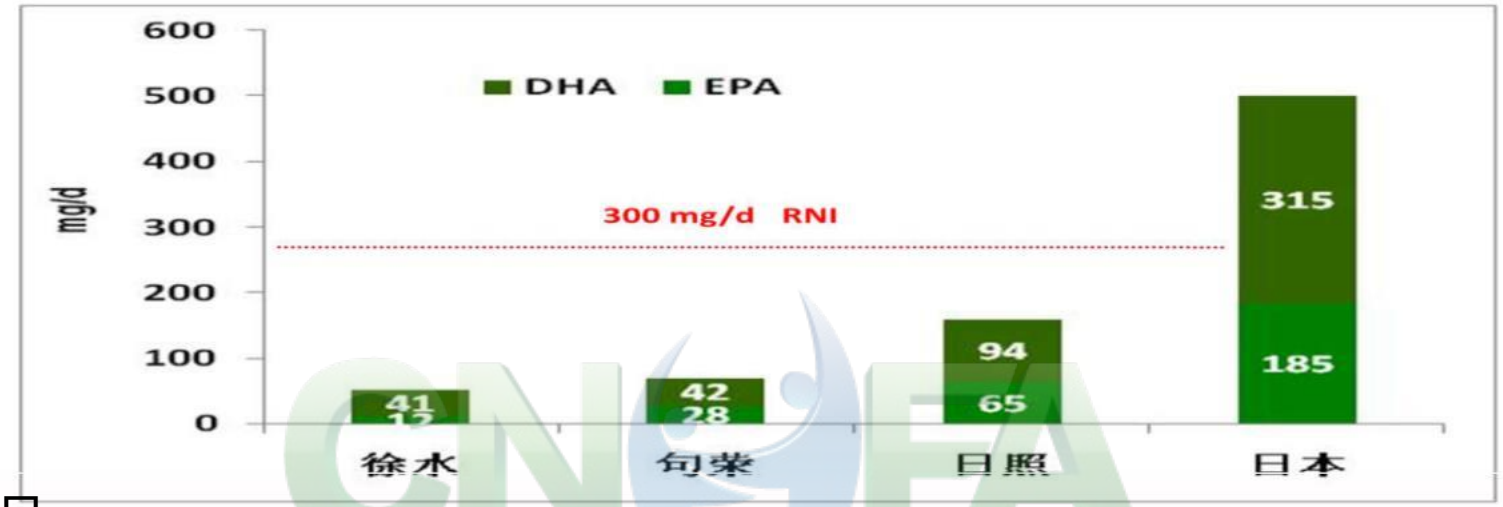
孕后期和生后2岁内是脑聚集DHA的关键期



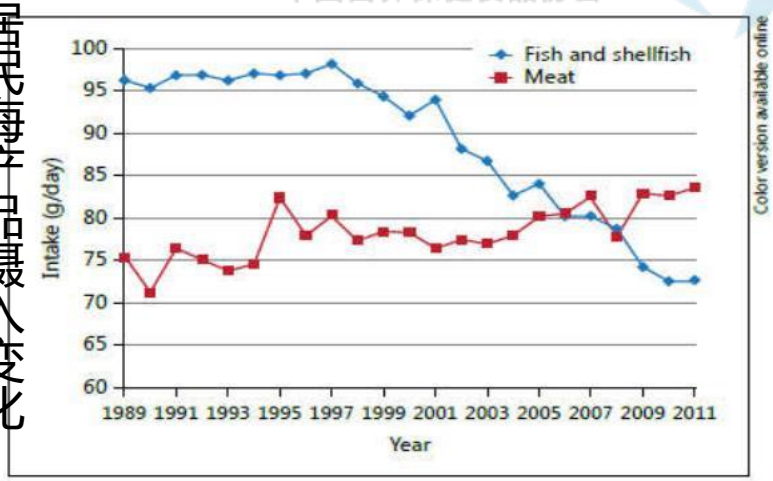


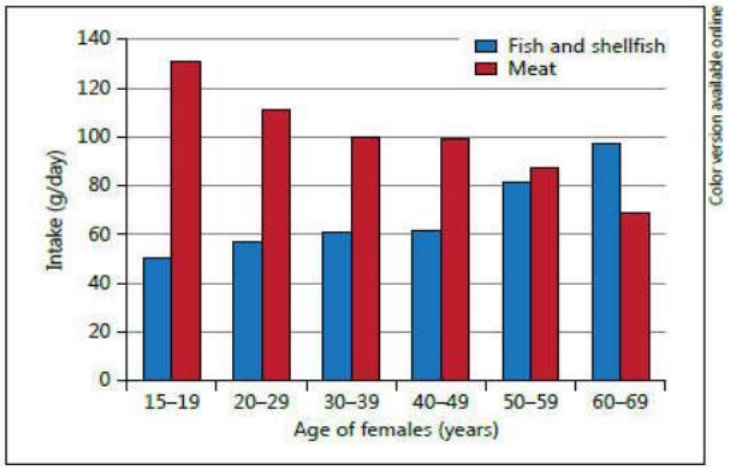
Lauritzen L, et al. Prog Lipid Res. 2001;40:1

中国-日本孕妇膳食n-3脂肪酸摄入量



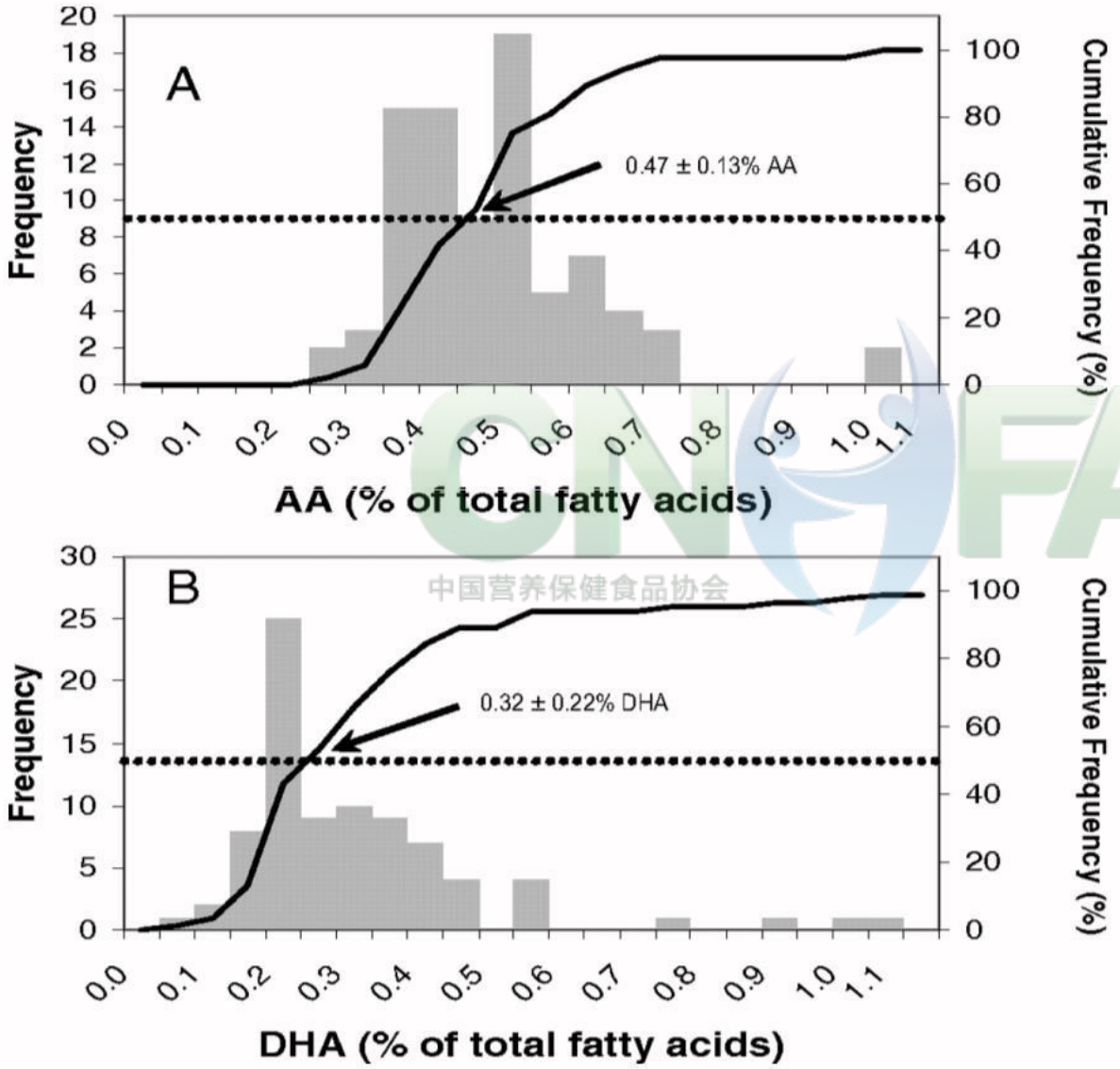
日本居民海产品摄入变化





Zhang J, et al. Nutr Res. 2013;33:613.

母乳中DHA和AA含量

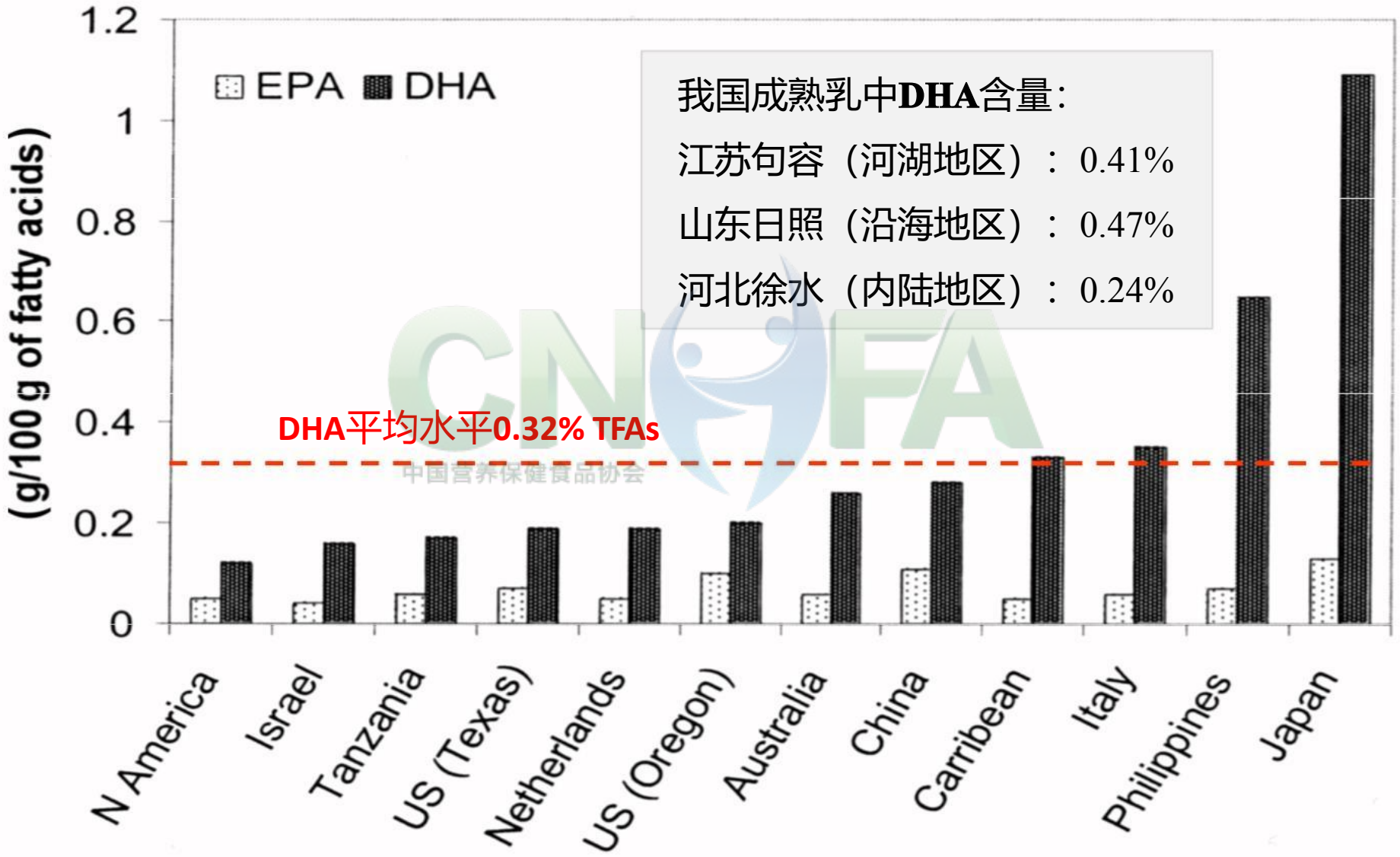


AA ranges from 0.24% to 1.0%

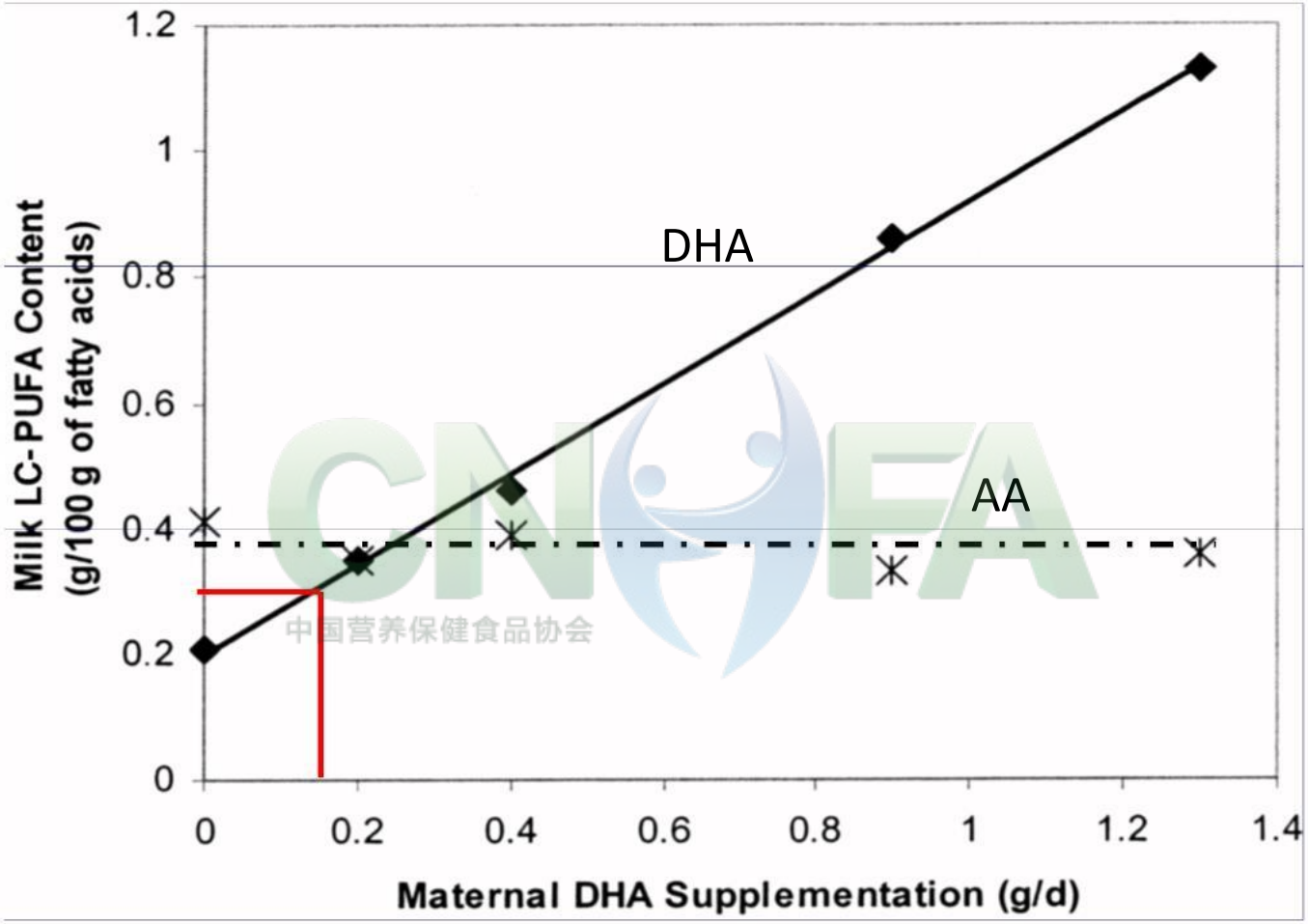
DHA ranges from 0.06%-1.4%

Brenna, J T. et al. Am J Clin Nutr 2007;85:1457-1464

母乳中DHA和AA地区差异



哺乳期妇女补充DHA对乳汁DHA的影响



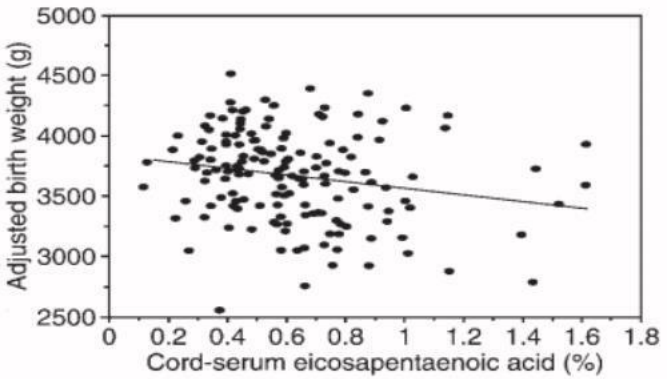
To achieve breast milk DHA of	Incremental maternal DHA intake, mg/day
0.32%	167
0.76%	778
1%	1,111

Arterburn, L. M et al. Am J Clin Nutr 2006;83:S1467-1476S

母孕期n-3 PUFAs对胎儿生长发育的影响

作者	对象	n-3 摄入量	结果
van Eijsden M, et al. 2003-2004[1]	**12,373**位孕妇，荷兰	不祥	母亲血浆**n-3 PUFAs**低含量而**n-6 PUFAs**高含量与低出生体重有关。
Olsen SF, et al. 1986-1987[2]	**1,362**位孕妇，**Faroe**岛	**1-6**次鱼/w	食用鱼可增加婴儿出生体重和身长。
Rump P, et al. 1990-1994[3]	**627**位孕妇荷兰	不祥	足月新生儿脐血DHA含量与出生体重呈负相关；孕期母亲DHA减少程度与出生体重呈正相关。
Oken E, et al. 1999-2002[4]	**2,019**位孕妇，美国**Massachusetts**	**0.06 g/d** **0.38 g/d**	与低摄入量相比，高摄入量使出生体重下降**94g**，胎儿发育指数下降**0.19**单位。
Grandjean P, et al. 1994-1995[5]	**182**位孕妇，**Faroe**岛	渔民饮食	脐血**DHA**浓度升高**1%**，孕期延长**1.5d**；脐血**EPA**浓度升高**1%**，出生体重下降**246 g**。

[1]van Eijsden M, et al. Am J Clin Nutr 2008;87:887
[2] Olsen SF，J Epidemiol Community Health. 1993; 47:436
[3] Rump P, et al. Am J Clin Nutr 2001;73:797
[4]Oken E, et al. Am J Epidemiol.2004; 160:774
[5]Grandjean P, et al. Int J Epidemiology. 2001;30:1272



孕期n-3 PUFAs补充对胎儿生长发育的影响

- 减少早产发生风险，降低低出生体重

Year	Ref.	Treatment	Main effects
1992	20	Dietary supplement with fish oil (621 mg of DHA + 864 mg of EPA/daily), from the 30th week	4 days prolongation of pregnancy
1999	21	DHA-enriched eggs (135 mg/daily), from the 20th week	1) 6% preterm deliveries in treated pts versus 26% in controls 2) 0% weight < 2.500 g in treated pts versus 26% in controls
2000	22	2.7 g/daily of omega-3 (DHA/EPA) versus olive oil, in high risk pregnant women, from the 20th week	Reduction in preterm deliveries from 33% to 21%
2003	23	DHA-enriched eggs (133 mg) versus normal eggs (33 mg), from the 24th week	6 days prolongation of pregnancy

母孕期鱼油n-3 PUFAs补充对胎儿生长发育的影响，目前报道不一；但多数认为可以抑制胎儿的体重增加，这可能在于EPA的作用。这就是为什么在奶粉中不加EPA的原因之一。

Eur Rev Med Pharmacol Sci. 2005 Jan-Feb;9(1):41-8.

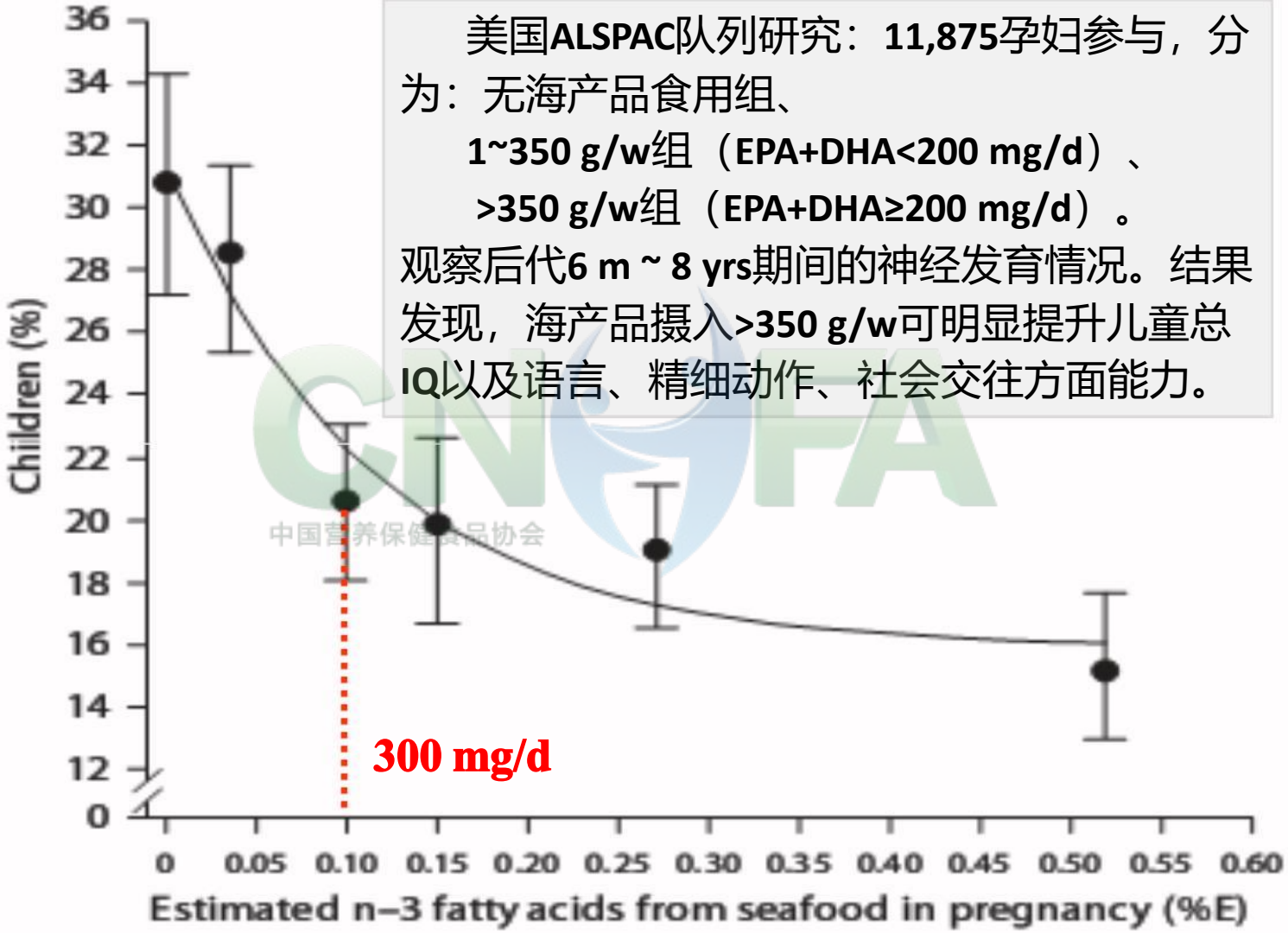
孕期n-3 PUFAs摄入量与儿童认知发育的关系

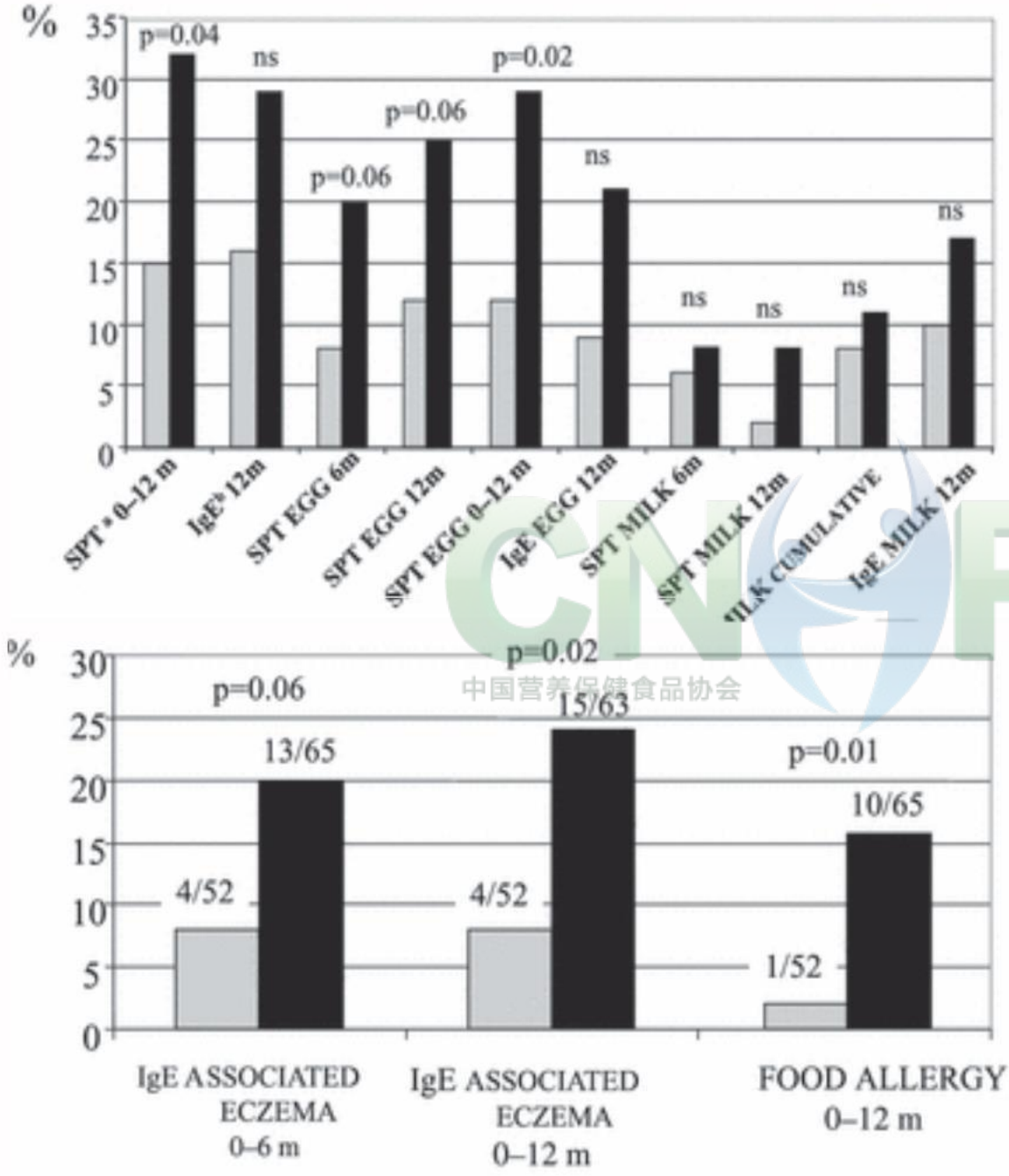
美国ALSPAC队列研究：11,875孕妇参与，分为：无海产品食用组、

1~350 g/w组（EPA+DHA<200 mg/d）、

>350 g/w组（EPA+DHA≥200 mg/d）。

观察后代6 m ~ 8 yrs期间的神经发育情况。结果发现，海产品摄入>350 g/w可明显提升儿童总IQ以及语言、精细动作、社会交往方面能力。

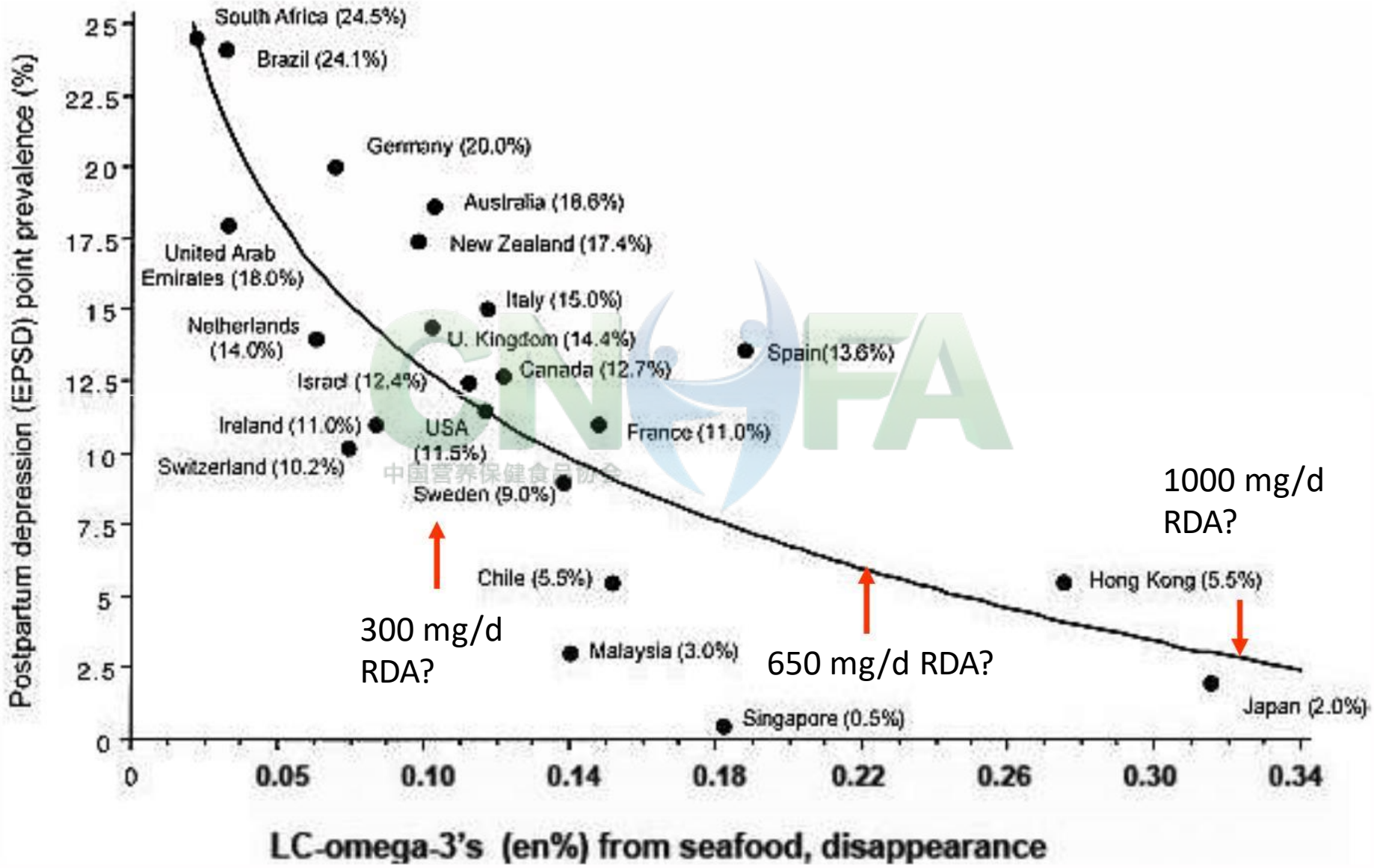




孕后期及哺乳期补充鱼油**(EPA+DHA 2.7 g/d)**对婴儿过敏性疾病的影响

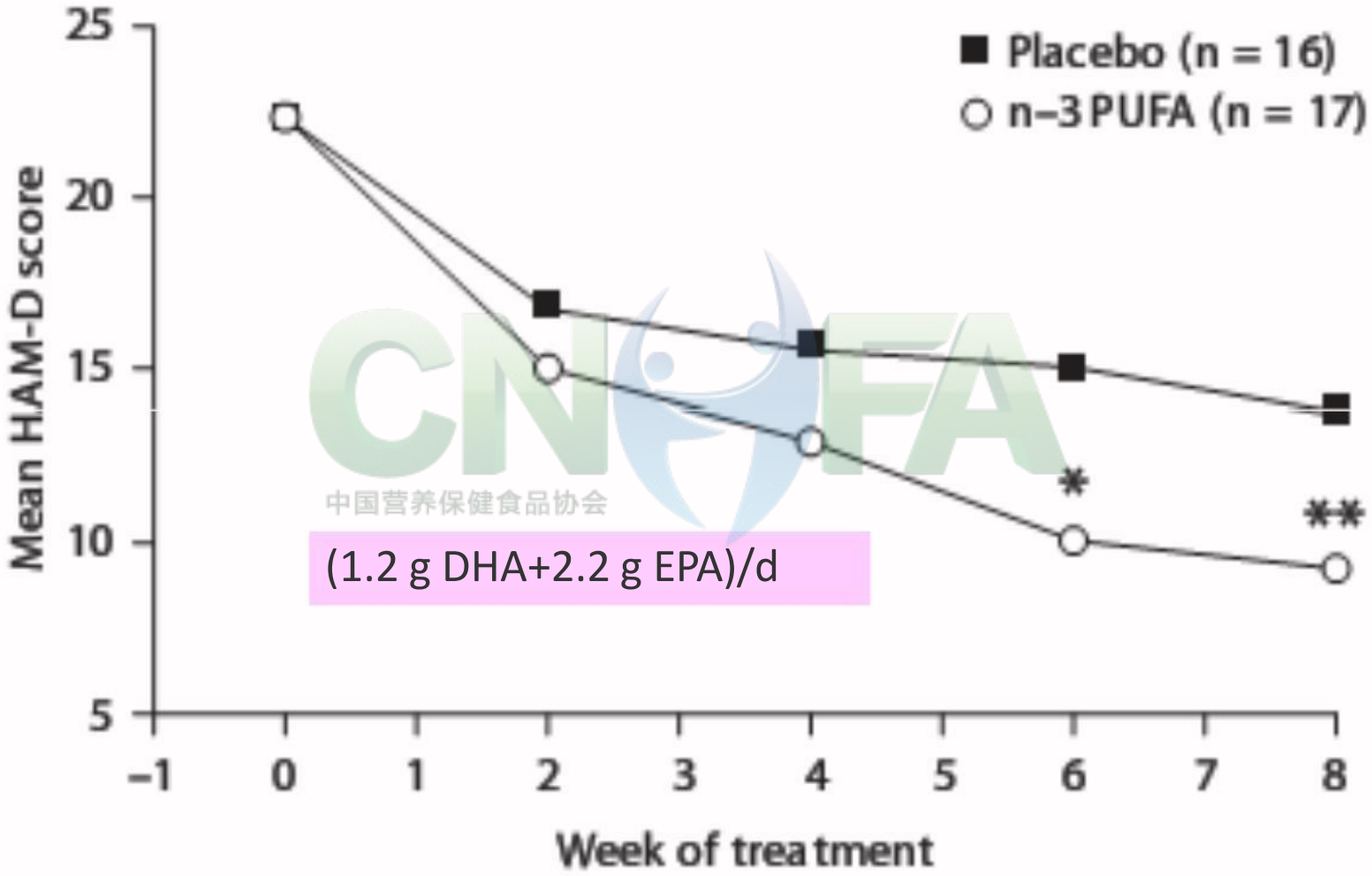
Furuhjelm C, et al. Acta Paediatr. 2009;98:1461.

孕期鱼油n-3 PUFAs摄入与产后抑郁的关系



Hibbeln JR. J Affect Disord. 2002;69:15.

N-3 PUFAs对孕妇围产期抑郁症的疗效



Su KP, J Clin Psychiatry 2008; 69: 644-651

孕期及哺乳期妇女PUFAs的推荐摄入量

	平均需要量(EAR)	上限(UL)
DHA	200 mg/d	1.0 g/d
EPA+DHA	300 mg/d	2.7 g/d
AA		800 mg/d

Brenna JT et al. Ann Nutr Metab 2009;55:97C122

	适宜摄入量(AI)	上限(UL)
DHA	200 mg/d	-
EPA+DHA	250 mg/d	-
AA		-

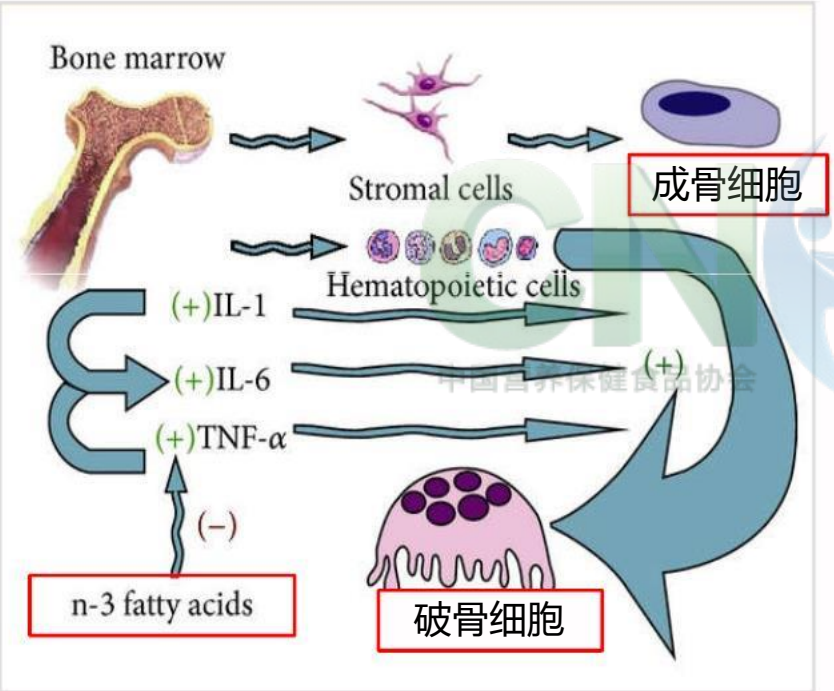
中国居民膳食营养参考摄入量（*2013*版）

补充**DHA 1 g/d** 或 **2·7 g n-3 PUFAs**未发现有副作用

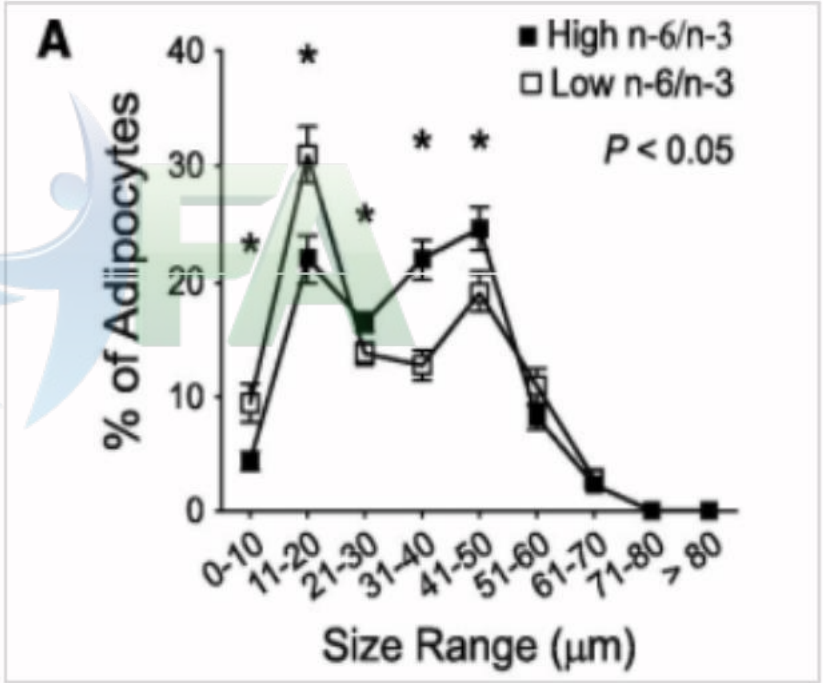
N-3 PUFAs与婴幼儿及儿童期

n-3 PUFAs与儿童生长发育

◆ 促进身体快速发育期（婴幼儿、青少年期）骨的形成，减少骨流失



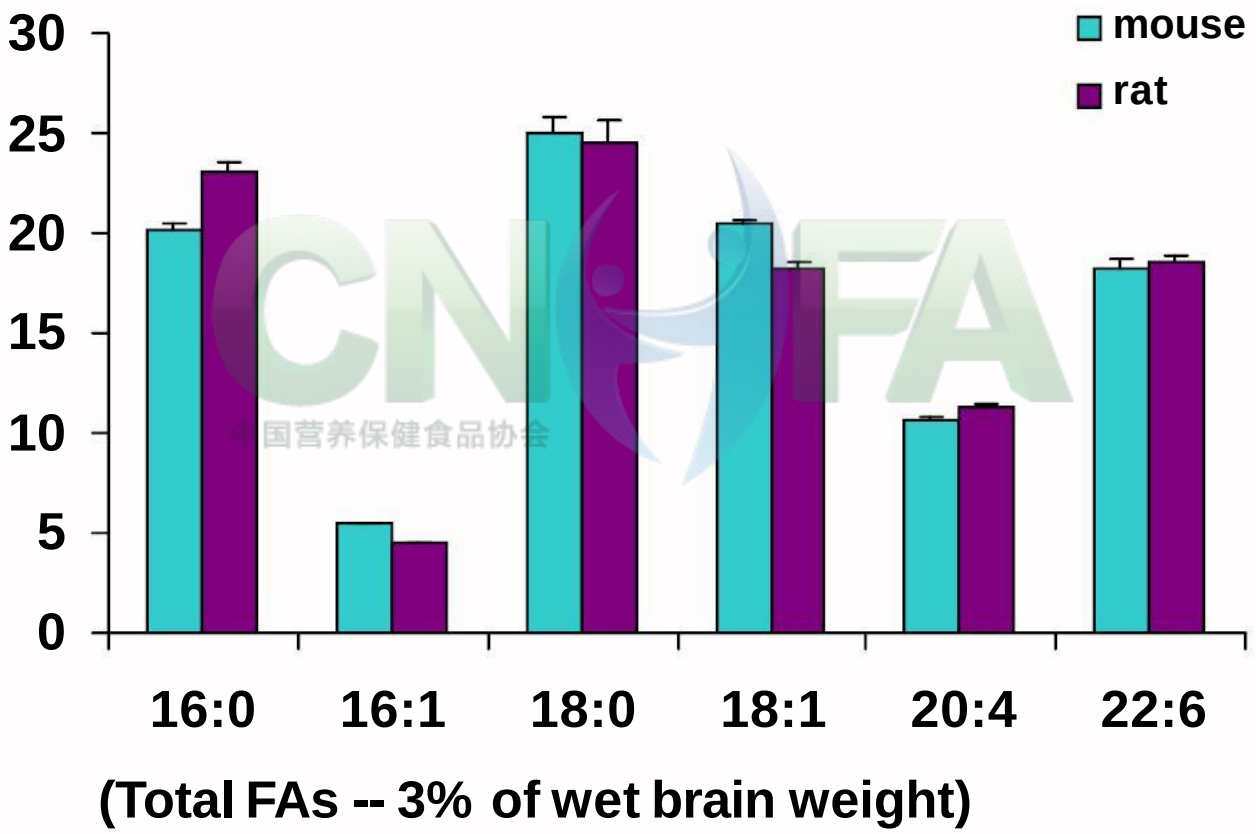
◆可减少脂肪的形成，减轻体重



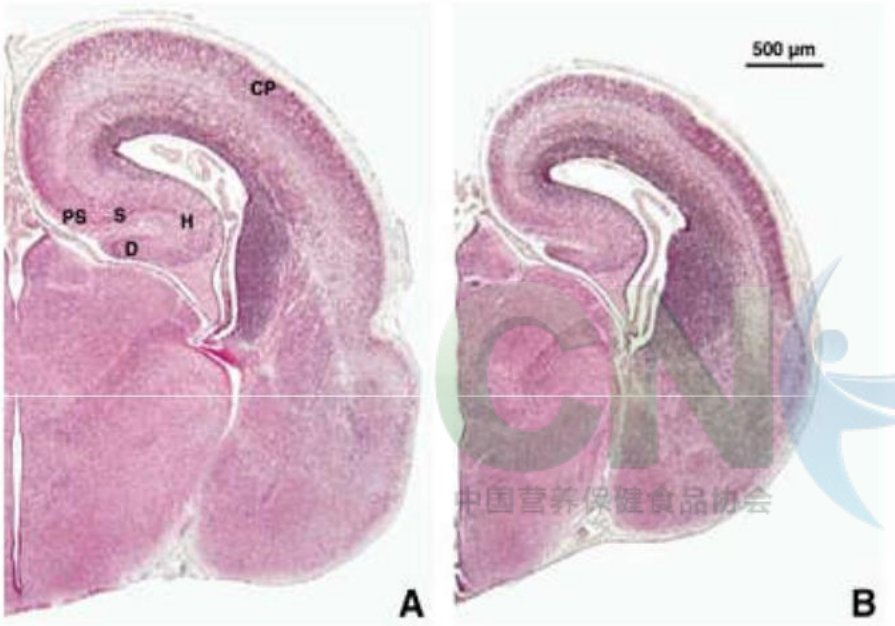
ScientificWorldJournal. 2013 Nov 4; 2013:589641.

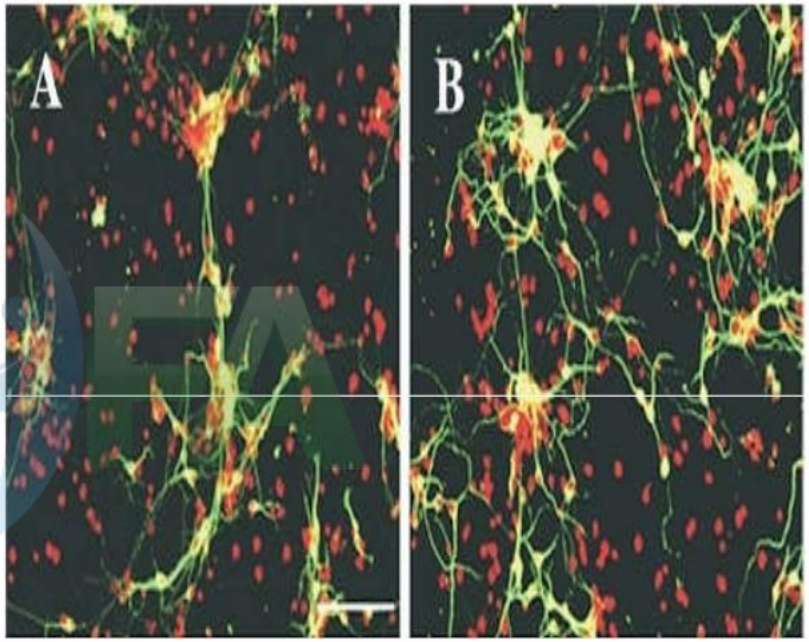
Am J Clin Nutr. 2013; 98(2):549S-55S.

脑组织脂肪酸构成


30
25
20
15
10
5
0
mouse
rat
16:0
16:1
18:0
18:1
20:4
22:6
(Total FAs -- 3% of wet brain weight)

N-3 PUFA缺乏对脑发育和神经元发生的损害





正常对照　　n-3 PUFA缺乏　　n-3 PUFA缺乏　　DHA

大鼠19d 胚胎脑　　大鼠胚胎神经干细胞培养

BERTRAND ET AL.
J. Nutr. 136: 1570–1575, 2006.

E. Kawakita et al. / Neuroscience 139 (2006) 991–997

孕期及哺乳期饲料n-3 PUFAs含量变化对子代小鼠脑结构发育的影响

皮质30区

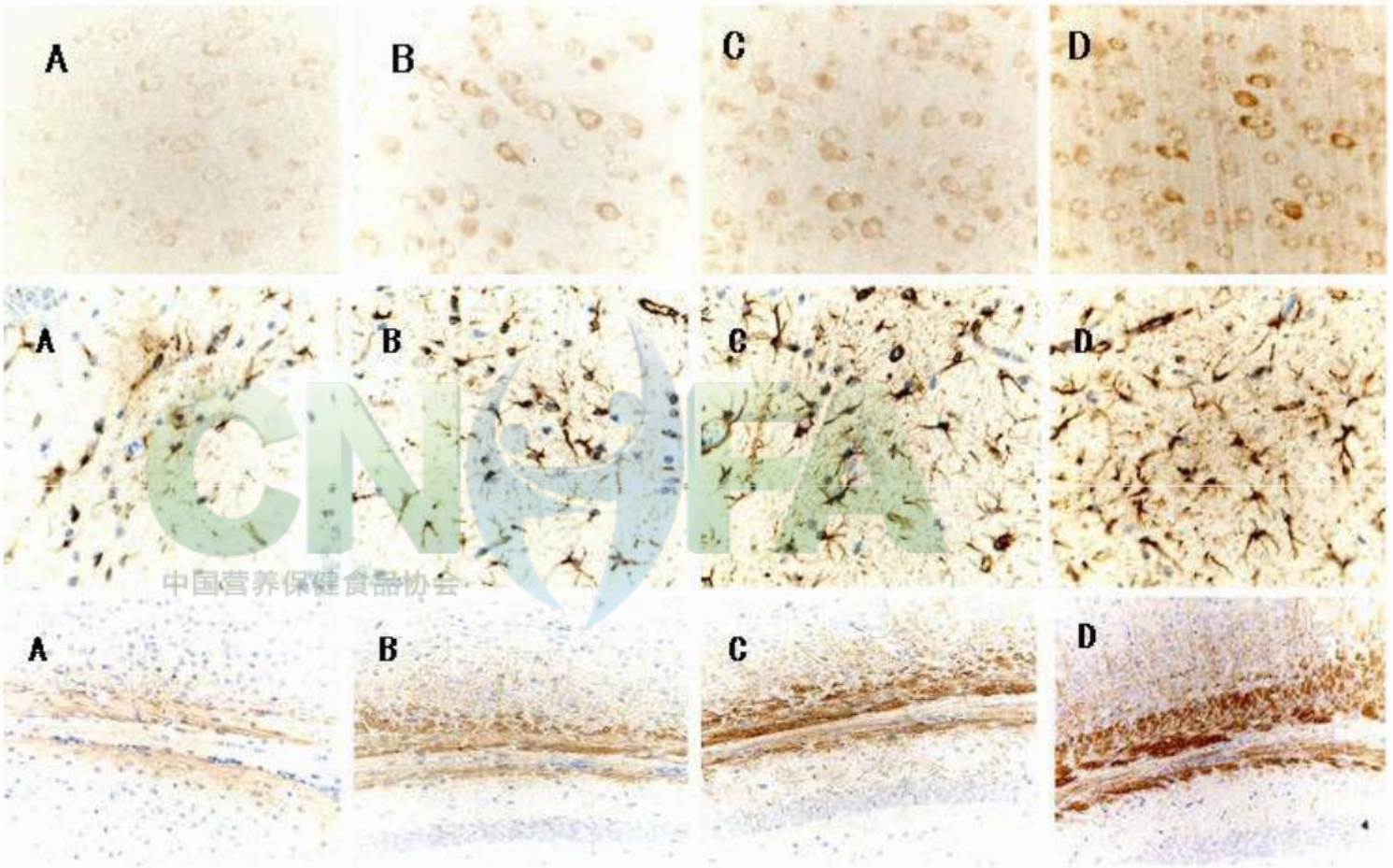
神经特异性烯醇化酶（NSE）

海马CA1区

胶质纤维酸性蛋白（GFAP）

胼胝体区

髓鞘碱性蛋白（MBP）



21d 龄

n-3 PUFAs缺乏　15:1　5:1　1:1

n-6/n-3 PUFAs　(n-3: 3.4% E)

Tian C, Qi K . Clin Nutr. 2011; 30: 659

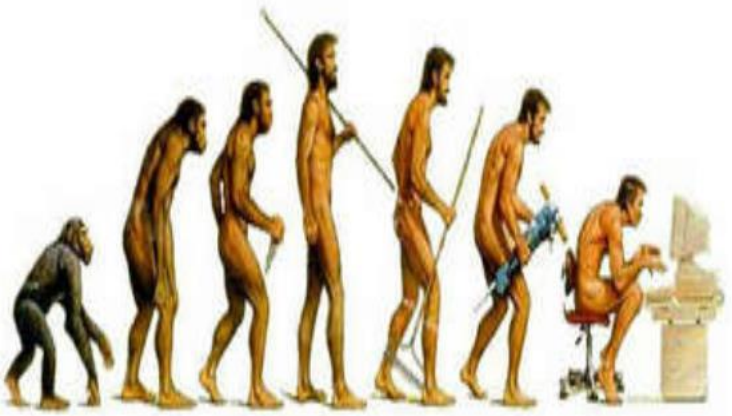
Humans' Head Start: New Views of Brain Evolution

BUFFALO, NEW YORK—About 1200 researchers converged here for the 71st annual meeting of the American Association of Physical Anthropologists (10 to 14 April), where brain evolution was one of the hottest topics, including reports on the diet needed to support an expanding brain and a new tool's view of how the human brain took shape in evolution.

Something Fishy About Brain Evolution

Illustrations of human ancestors routinely show brawny hunters bringing home the wildebeest, butchering meat with stone tools, and scavenging carcasses on the savanna. But a more accurate image might be ancient fishermen—and fisherwomen—wading into placid lakes and quietly combing shorelines for fish, seabirds' eggs, mollusks, and other marine food.

SCIENCE VOL 296 3 MAY 2002



N-3 PUFAs对神经系统的影响作用

-- 促进脑和视觉发育
-- 神经细胞膜磷脂的组成成分
-- 影响神经递质的和成与释放
-- 调节皮质激素释放激素
-- 抑制蛋白激酶
-- 通过迷走神经途径调节心率
-- 促进脑血循环和氧供应
-- 抑制神经元调亡
-- 影响能量交换
-- 影响轴索生长
-- 调节基因表达
-- 抗炎作用

Schuchardt JP, et al. Eur J Pediatr. 2010;169:149-64.

Randomized, controlled DHA supplementation studies in term infants: cognitive test results (studies are ordered from greatest to least daily DHA supplementation).

Author [Ref.]	DHA/ARA % total fatty acids (sources)	Duration of feeding	Cognitive test outcome (supplemented vs unsupplemented formula)
Birch et al. [29]	0.35/0 or 0.36/0.72 (single-cell oils)	Near birth to 4 mo	↑ MDI w/ DHA+ARA; no differences in PDI at 18 mo
Birch et al. [51]	0.35/0 or 0.36/0.72 (single-cell oils)		No difference in WPPSI-R Performance, Verbal or Full Scale IQ among formula groups at 4 y, but only DHA+ARA did not differ in IQ from breastfed
Drover et al. [52]	0.36/0.72 (single-cell oils)	Near birth to 12 mo 6 wk to 12 mo 4 & 6 mo to 12 mo	↑ Two-step means-end problem solving test at 9 mo
Makrides et al. [53]	0.35/0 or 0.34/0.34 (fish oil; egg phospholipid)	Near birth to 12 mo	No difference in MDI or PDI at 12 and 24 mo
Lucas et al. [54,55]	0.32/0.30 (egg phospholipid; some batches w/fish oil)	1 wk to 6 mo	No difference in Knobloch, Passamanick, and Sherrards test at 9 mo or MDI or PDI at 18 mo
Agostoni et al. [56]	0.30/0.44 (egg phospholipids and triglycerides)	3 d to 4 mo	↑ Brunet-Lézine DQ at 4 mo
Agostoni et al. [27]			No difference in Brunet-Lézine DQ at 24 mo
Bouwstra et al. [57]	0.30/0.45 (egg yolk, fish oil, single-cell oil)	Near birth to 2 mo	No difference in MDI, PDI, or Hempel test at 18 mo
Ben et al. [58]	0.18/0.18 (not reported)	7 d to 6 mo	No difference in MDI or PDI at 3 and 6 mo
Willatts et al. [59]	0.15–0.20/0.30–0.40 (egg phospholipids and triglycerides)	Birth to 4 mo	↑ Three-step problem solving at 10 mo
Willatts et al. [60]			No overall group difference in two-step means-end problem solving test at 9 mo
Scott et al. [45]	0.20/0 or 0.12/0.43 (fish oil, egg phospholipid)	7 d to 12 mo	No difference in MDI or PDI at 12 mo
Auestad et al. [61]			No difference on Stanford Binet IQ, Peabody Picture Vocabulary Test, expressive vocabulary or Beery Visual-Motor Index at 39 mo
Auestad et al. [23]	0.14/0.45 (fish oil, egg triglyceride, single-cell oil)	9 d to 12 mo	No difference on Fagan Test of Infant Intelligence at 6 or 9 mo, MDI or PDI at 6 or 12 mo, or MacArthur CDI at 9 or 14 mo
Agostoni et al. [62]	20 mg daily/0	Hospital discharge to 12 mo	Shorter time to achievement of sitting without support, fine motor milestones, and saying first comprehensible word

Hoffman DR, et al. Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids 81(2009):151

N-3 PUFAs 在促进脑发育和功能方面的分歧

原因

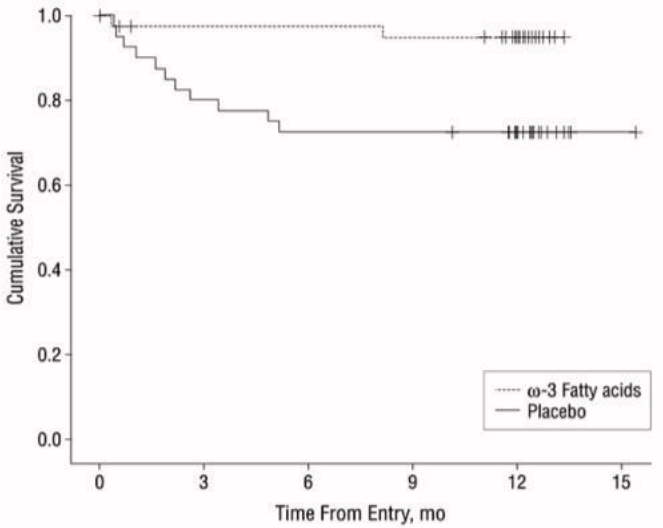
* 研究人群对象不同；
* 干预剂量、观察时间长短；
* 合并其它营养素缺乏（铁、锌、维生素B12等）；
* 海产品中毒物干扰，如汞、多氯联苯（PCB）等。

Scale	Mean (SE) by Treatment				
	Baseline		Change From Baseline		
	ω-3 PUFAs (n=41)	Placebo (n=40)	ω-3 PUFAs (n=41)	Placebo (n=40)	*P* Value[a]
PANSS score					
Total	59.9 (2.7)	57.2 (2.7)	−15.7 (2.8)	−4.4 (2.8)	.006
Positive	15.0 (0.7)	14.2 (0.7)	−4.4 (0.8)	−1.5 (0.8)	.01
Negative	14.1 (0.9)	13.6 (0.9)	−3.9 (0.9)	−.8 (0.9)	.02
General	30.9 (1.4)	29.4 (1.4)	−7.5 (1.5)	−2.1 (1.5)	.01
MADRS score	17.5 (1.5)	18.8 (1.6)	−8.1 (1.9)	−5.3 (1.9)	.29
GAF score	61.0 (2.3)	60.0 (2.4)	17.7 (2.3)	7.2 (2.3)	.002

N-3 PUFAs在儿童精神疾病发生中的作用

随机、双盲对照研究，补充**n-3 PUFAs**可降低具有潜在精神疾病危险儿童的发病风险**30%**

N-3 PUFAs - 1.2 g/d: 700 mg EPA, 480 mg DHA, 220 mg, 其它n-3 PUFAs



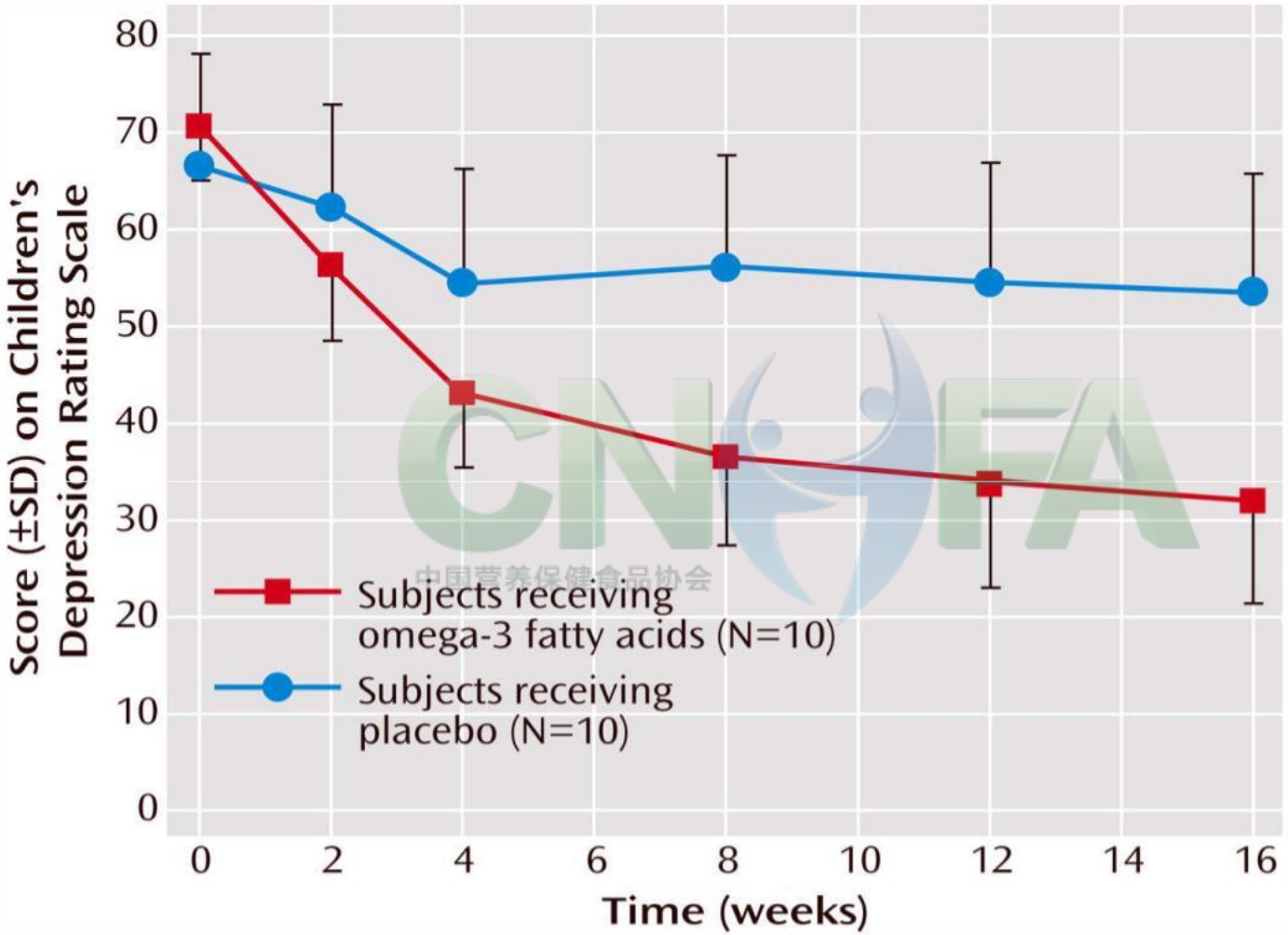
Amminger, G. P. et al. Arch Gen Psychiatry 2010;67:146.

N-3 PUFAs治疗儿童ADHD的疗效

作者	对象	剂量	治疗时间	结果
Harding KL, et al.	n=20, 7~12 yrs	120 mg DHA，180 mg EPA 45 mg GLA	4 w	疗效与药物相同
Joshi K, et al.	n=30 7.75 yrs (平均)	400 mg LNA	12 w	症状明显改善；红细胞膜AA降低，EPA/DHA升高
Richardson AJ, et al.	n=41 8~12 yrs	480 mg DHA，186 mg EPA 96 mg GLA，42 mg AA	24 w	症状较对照组有改善
Richardson AJ, et al.	n=117 5~12 yrs	， 60 mg LA	24 w	症状较对照组有改善
Sorgi PJ, et al.	n=9 8~16 yrs	10.8 g EPA, 5.4 d DHA ~ 5.4 g EPA, 2.7 g DHA	8 w	症状明显改善
Johnson M, et al.	n=75 8~18 yrs	558 mg EPA，174 mg FDHA 60 mg LA	24 w	症状较对照组无改善
Hirayama S, et al.	n=40 6~12 yrs	514 mg DHA 100 mg EPA	8 w	症状较对照组无改善

Schuchardt JP, et al. Eur J Pediatr. 2010; 169:149.

N-3 PUFAs对儿童抑郁症的治疗作用



6-12岁儿童

(EPA 400mg +DHA200mg)/d

Childhood Depression Inventory (CDI), Clinical Global Impression (CGI)均得到显著改善。

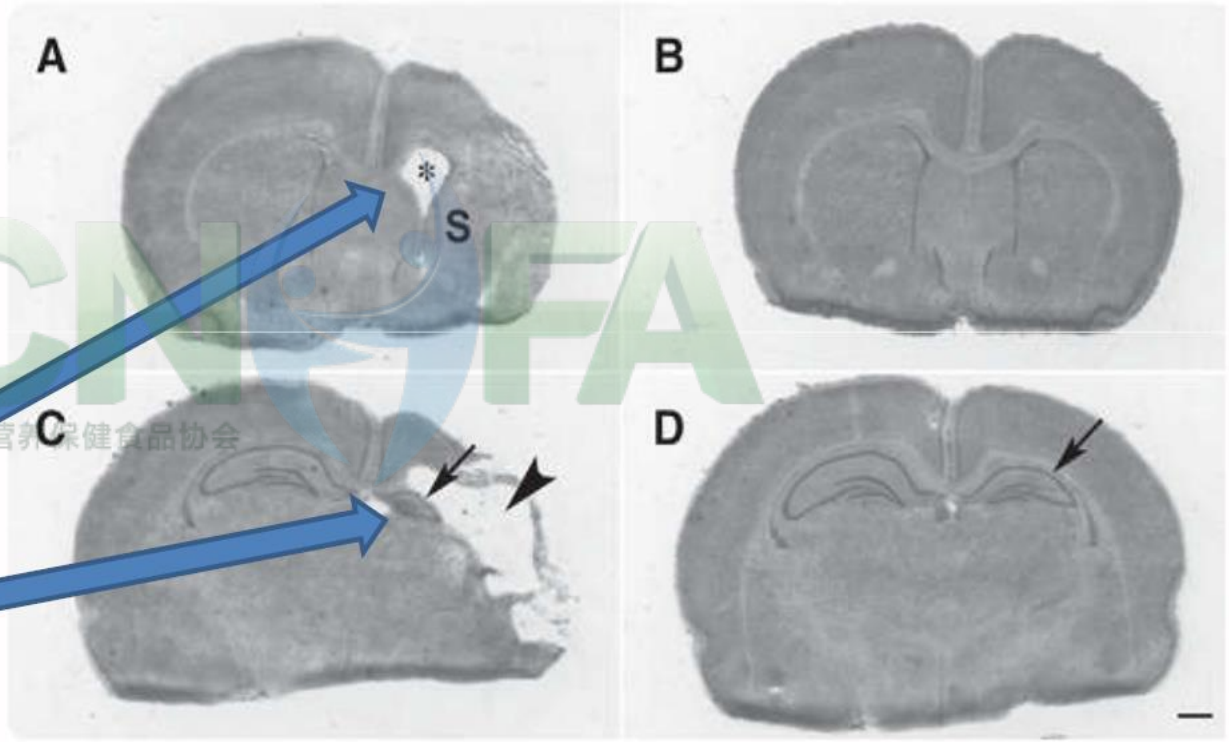
Nemets H, et al. Am J Psychiatry 2006; 163: 1098

DHA对新生大鼠缺血缺氧脑损伤的预防保护作用

出生后7 d 大鼠实施脑缺血、缺氧处理，处理前给予DHA注射。14 d时观察脑结构变化。

纹状体萎缩(S)，临近侧脑室扩大(*)；

下丘脑萎缩，顶叶囊性梗死。

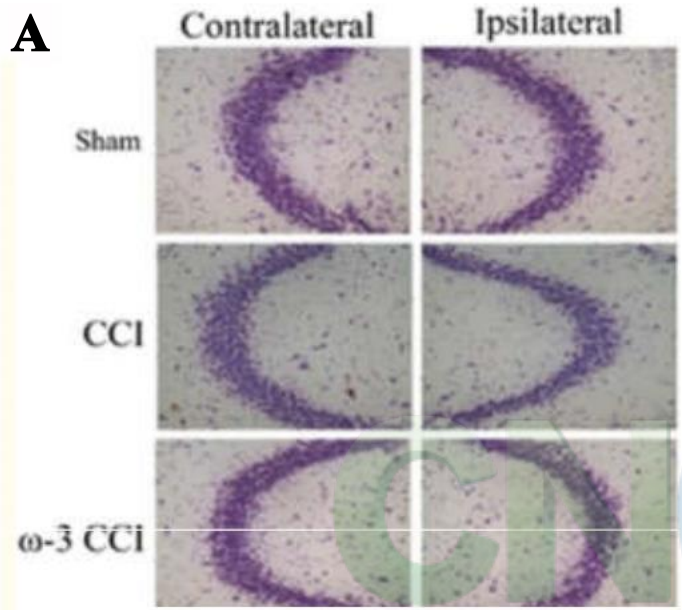


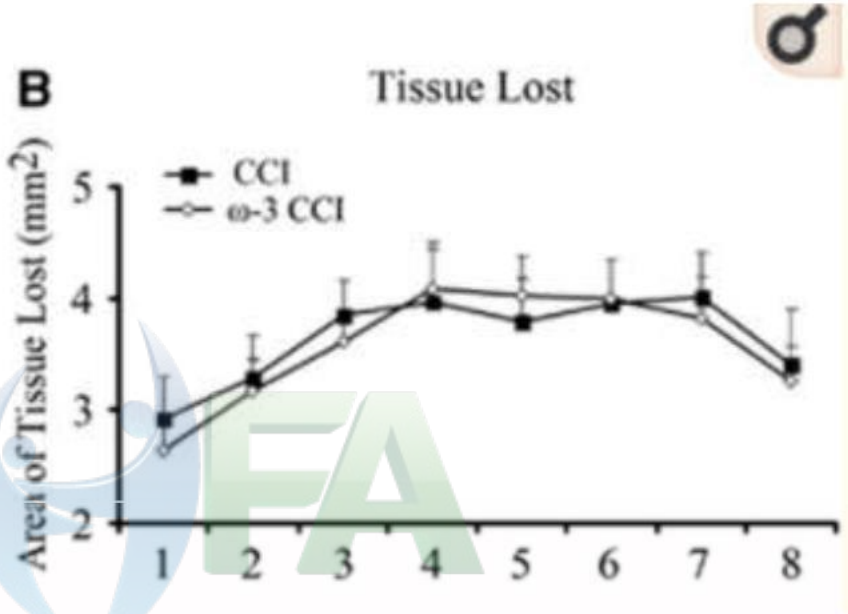
白蛋白

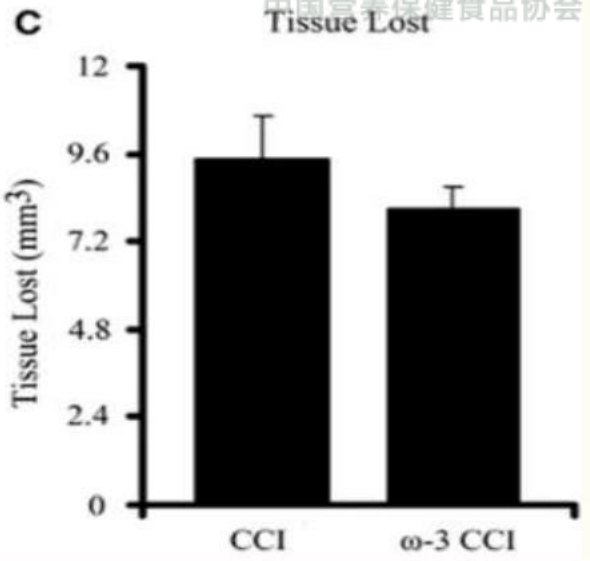
DHA
(1~5 mg/kg)

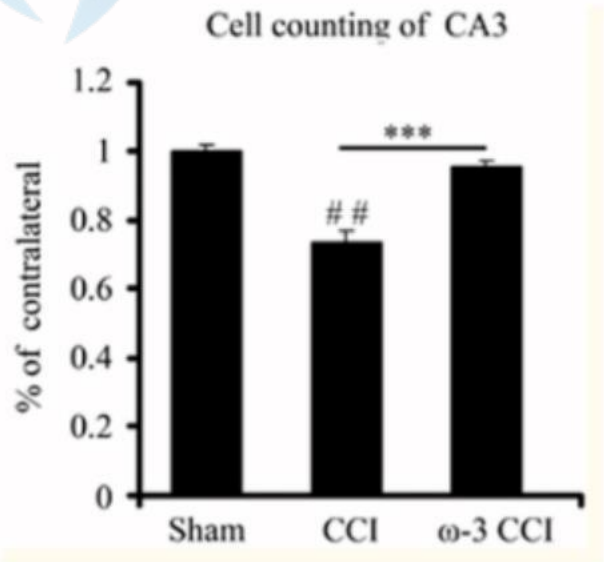
Berman DR, et al. Am J Obstet Gynecol 2009;200:305.

n-3 PUFAs对创伤性脑损伤改善作用









N-3 PUFAs与免疫性疾病治疗

风湿关节炎：多项随机、双盲对照研究表明，EPA+DHA 1.6 ~ 7.1 g/d（平均3.5 g/d），治疗12 w 以上，可明显减轻晨僵、关节肿痛等症状，并减少非固醇类抗炎药物的用量。

炎性肠病：多项随机、双盲对照研究表明，EPA+DHA 2.7 ~ 5.6 g/d（平均4.5 g/d），治疗8~10 w 以上，可改善临床症状、肠道粘膜病理，降低复发率、减少皮质激素的用量。

哮喘：大量的研究表明，EPA+DHA 1.0 ~ 5.4 g/d 在治疗哮喘方面并没有一致的结论。

Calder PC. Am J Clin Nutr. 2006; 83(suppl): 1505S

鱼油n-3 PUFAs治疗儿童哮喘的疗效

鱼油对儿童哮喘治疗效果的影响

	鱼油组			对照组		
	例数	哮喘评分	评分变化	例数	哮喘评分	评分变化
0 m	15	24.18±5.91		14	13.66±4.34	
10 m	11	6.09±2.45	20.05±7.24	12	13.67±4.88	1.12±5.63
			P=0.01			P=0.569

平均年龄：

鱼油组：10.2±2.5 yrs

对照组：11.9±3.1 yrs

鱼油组：EPA：17.0 ~ 26.8mg/d/kg，

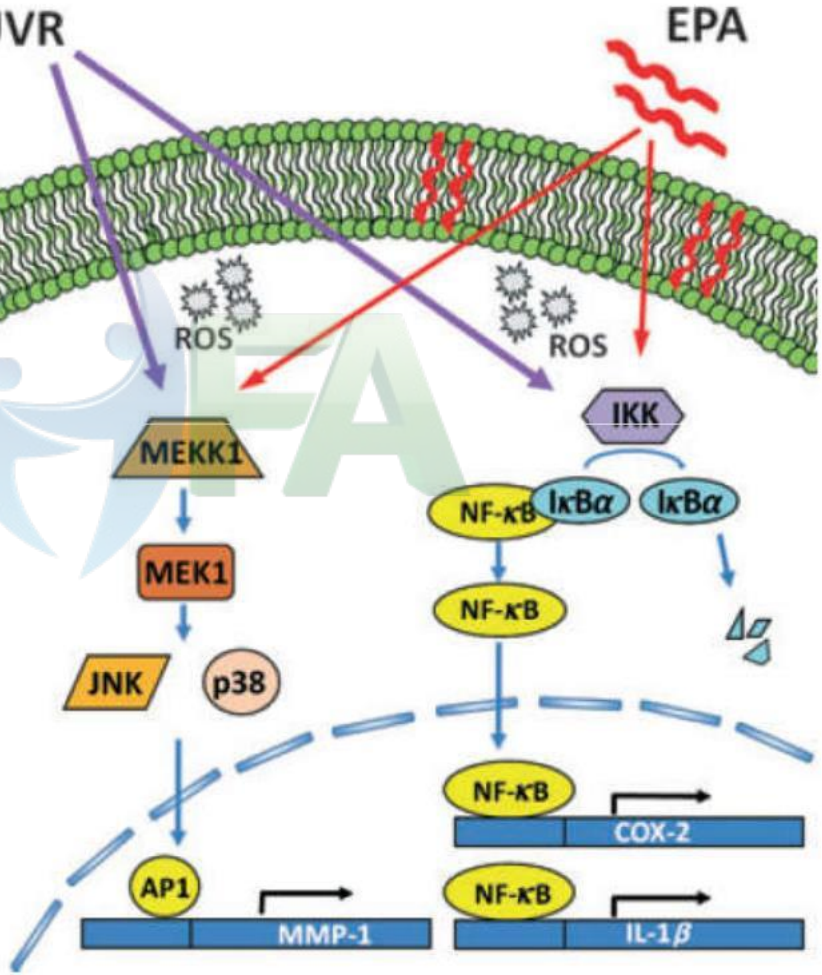
DHA：7.3 ~11.5 mg/d/kg

对照组：橄榄油

Nagakura T, et al. Eur Respir J. 2000; 16: 861.

N-3 PUFAs可降低紫外线诱发的皮肤疾病

日晒
皮肤灼伤
光敏性皮炎、
皮肤衰老、
皮肤癌



2011 John Wiley & Sons A/S, Experimental Dermatology, 20, 537–543

婴儿和儿童膳食脂肪和脂肪酸的推荐摄入量

脂肪/脂肪酸		年龄	需要量
总脂肪	AMDR	0 ~ 6 m	40 ~ 60% E
		6 ~ 24 m	~ 35% E
		2 ~ 18 yrs	25 ~ 35% E
SFAs	U-AMDR	2 ~ 18 yrs	< 8% E
MUFAs		2 ~ 18 yrs	
PUFAs	U-AMDR	6 ~ 24 m	< 15% E
		2 ~ 18 yrs	< 11% E
n-6 PUFAs			
AA	AI	0 ~ 6 m	0.2 ~ 0.3% E (0.4 ~ 0.6% TFAs)
LA	AI, U-AMDR	6 ~ 24 m	3.0 ~ 4.5% E; < 10% E
n-3 PUFAs			
LNA	AI, U-AMDR	0 ~ 6 m	0.2 ~ 0.3% E (0.4 ~ 0.6% TFAs)
	AI, U-AMDR	6 ~ 24 m	0.4 ~ 0.6% E; < 3.5% E
DHA	AI, U-AMDR	0 ~ 6 m	0.1 ~ 0.18% E (0.2~0.36% TFAs)
			< 0.75% E
	AI	6 ~ 24 m	10 ~ 12 mg/kg
EPA+DHA	AI	2 ~ 4 yrs	100 ~ 150 mg
		4 ~ 6 yrs	150 ~ 200 mg
		6 ~ 10 yrs	200 ~ 250 mg
TFAs	UL	2 ~ 18 yrs	< 1% E

From the Joint FAO/WHO Expert Consultation on Fats and Fatty Acids in Human Nutrition, 10-14 November,

婴儿配方奶粉中DHA、AA的建议量

	PUFAs (% of total FAs)	
	DHA	AA
* British Nutrition Foundation	~ 0.4	~ 0.4
* FAO/WHO expert panel	~ 0.35	~ 0.7
* ISSFAL expert panel	~ 0.35	~ 0.5
* Child Health Foundation, Germany	≥0.2	≥0.35
* American Dietetic Association (ADA) and Dietitians of Canada (DC)	≥0.2	≥0.2
* World Assoc. of Perinatal Med/ Early Nutrition Academy/ Child Health Foundation	0.2~0.5	≥0.2

早产儿：母乳和配方奶粉中DHA含量应占总FAs的 ~1.5%。

Hoffman DR, et al. Prostaglandins Leukot Essent Fatty Acids. 2009;81:151
Lapillonne A, et al. Prostaglandins Leukot Essent Fatty Acids. 2009;81:143

小 结

- **n-3** 脂肪酸具有广泛的生物学功能，除了提供能量外，还参与组织细胞构建、促进神经系统发育、调节免疫、炎症反应及凝血过程等；与许多慢性非感染性疾病的发生密切相关。
- 保证胎儿期和婴幼儿期**n-3 PUFAs**的足量摄入对于其生长发育、相关疾病预防乃至一生的健康均具有积极的作用。

国家儿童医学中心
北京儿童医院

谢 谢！