·荟萃分析·

鱼油脂肪乳与大豆油脂肪乳对早产儿及极低出生体重儿神经发育影响的 Meta 分析

王越，李相成，宋美娟，徐驰，刘丽洁，贾秀玲

青岛大学附属医院药学部，山东 青岛　266003

摘　要：目的　比较鱼油脂肪乳与大豆油脂肪乳对早产儿和/或极低出生体重儿头围生长及脑部磁共振成像（MRI）指标的影响，为临床实践提供循证参考依据。**方法**　系统检索 PubMed、Embase、Cochrane Library、Web of Science、中国知网、万方医学网等数据库自建库至 2025 年 5 月收录的相关随机对照试验（RCT）和队列研究。由 2 名研究者独立筛选文献、提取数据并评价研究质量，采用 RevMan 5.3 软件进行 Meta 分析。**结果**　共纳入 9 项研究（4 项 RCT、5 项队列研究），累计样本量为 1 451 例。2 项 MRI 研究的 Meta 分析显示，与大豆油脂肪乳组相比，鱼油脂肪乳组的大脑总体积（MD=24.61 cm^3，95%CI：6.19～43.02，P=0.009）和脑干体积（MD=0.70 cm^3，95%CI：0.34～1.06，P<0.001）较大；两组小脑体积差异无统计学意义（P>0.05）。8 项研究的合并结果显示，两组头围 Z 评分（HCZ）差异无统计学意义（P>0.05）。**结论**　与大豆油脂肪乳相比，鱼油脂肪乳未显著改善早产儿和/或极低出生体重儿的 HCZ；有限的 MRI 证据提示其可能与较大的大脑总体积和脑干体积相关。鉴于 MRI 分析仅纳入 2 项研究、样本量有限且对照制剂存在异质性，仍需更大样本的高质量、同质性研究验证。

关键词：　早产儿；极低出生体重儿；鱼油脂肪乳；大豆油脂肪乳；神经发育；Meta 分析

中图分类号：R722.6　　**文献标识码：**A　　**文章编号：**1008-6579(2026)10-1151-07　　doi：10.11852/zgetbjzz2025-0962

Meta-analysis on the effects of fish oil-based versus soybean oil-based lipid emulsions on neurodevelopment in preterm and very low birth weight infants

WANG Yue, LI Xiangcheng, SONG Meijuan, XU Chi, LIU Lijie, JIA Xiuling

Department of Pharmacy, Affiliated Hospital of Qingdao University, Qingdao, Shandong 266003, China

Corresponding author: JIA Xiuling, E-mail: 1756835949@qq.com

Abstract: Objective　To compare the effects of fish oil-based versus soybean oil-based lipid emulsions on head circumference growth and brain magnetic resonance imaging (MRI) measures in preterm and/or very low birth weight infants, so as to provide evidence for clinical practice. **Methods**　Relevant randomized controlled trials (RCTs) and cohort studies published from database inception to May 2025 were retrieved through PubMed, Embase, the Cochrane Library, Web of Science, China National Knowledge Infrastructure (CNKI), and Wanfang Data. Two reviewers independently screened the literature, extracted data, and assessed study quality. Meta-analyses were performed using RevMan 5.3. **Results**　Nine studies (4 RCTs and 5 cohort studies) were included, involving a total of 1 451 infants. The meta-analysis of two MRI studies showed that, compared with the soybean oil-based lipid emulsion group, the fish oil-containing lipid emulsion group had greater total brain volume (MD=24.61cm^3, 95%CI: 6.19 - 43.02, P=0.009) and brainstem volume (MD=0.70cm^3, 95%CI: 0.34 - 1.06, P<0.001). No statistically significant between-group difference was observed in cerebellar volume (P>0.05). The pooled results of eight studies showed no statistically significant difference in head circumference Z score (HCZ) between the two groups (P>0.05). **Conclusions**　Compared with soybean oil-based lipid emulsions, fish oil-containing lipid emulsions did not significantly improve HCZ in preterm and/or very-low-birth-weight infants. Limited MRI evidence suggested that their use might be associated with greater total brain and brainstem volumes. Given that the MRI analyses included only two studies, with limited sample sizes and heterogeneous comparator formulations, these findings require confirmation in larger, high-quality studies with more homogeneous comparator formulations.

Keywords:　preterm infants; very low birth weight infant; fish oil-containing lipid emulsion; soybean oil-based lipid emulsion; neurodevelopment; meta-analysis

基金项目：中国医药教育协会《医院高质量发展与药学创新研究》专项课题（2024-PJZXKT-08）

作者简介：王越（1984—），女，学士，副主任药师，主要研究方向为肠外营养和儿童保健。

通信作者：贾秀玲，E-mail：1756835949@qq.com

长链多不饱和脂肪酸(long-chain polyunsaturated fatty acids, LCPUFAs)的积累主要发生在妊娠晚期[1-2]。在此期间,包括二十二碳六烯酸(docosahexaenoic acid, DHA)和花生四烯酸(arachidonic acid, ARA)在内的 LCPUFAs 可通过胎盘转运至胎儿[3]。胎儿早产导致大脑发育期间脂质营养供给中断,大脑中的 DHA 浓度较低,肝脏中的 DHA 储备量也较少,可能导致早产儿出现神经发育障碍[4]。因此,早产儿在出生后的前几周,通常需要额外补充脂质营养[5]。鱼油脂肪乳中高含量的 DHA 和 EPA 是神经细胞膜磷脂的关键组成部分,理论上对早产儿神经发育具有积极作用,但目前相关临床证据尚不充分且缺乏定论[6-9]。本文拟通过 Meta 分析回顾和整合探讨鱼油脂肪乳对早产儿和极低出生体重儿神经发育的影响,为临床实践提供循证参考依据。

1 资料与方法

1.1 文献来源 系统检索 PubMed、Embase、Cochrane Library、Web of Science、中国知网、万方医学网等数据库,检索时限为自建库以来至 2025 年 5 月。中文检索词包括:新生儿、早产儿、极低出生体重儿、肠外营养、脂肪乳、神经发育;英文检索词包括:"Infant" "Newborn" "Nutrition" "lipid" "Neurodevelopment"等。检索方式为主题词和自由词结合,如 PubMed 检索式为:(((((Fat Emulsions, Intravenous [Mesh Terms]) OR (lipid emulsion) OR (Emulsions, Intravenous Fat) OR (Intravenous Fat Emulsion) OR (Intravenous Lipid Emulsion) OR (SMOFlipid) OR (Fish Oils) OR (Soybean Oil) OR (Triglycerides) OR (Olive Oil) OR (Intralipid)) AND ((Parenteral Nutrition [Mesh Terms]) OR (Nutrition, Parenteral) OR (intravenous feeding) OR (parenteral feeding))) AND ((Neurology [Mesh Terms]) OR (central nervous system diseases [Mesh Terms]) OR (Neurodevelopment) OR (brain development) OR (neurological development) OR (magnetic resonance imaging) OR (cerebellar volume) OR (supratentorial volume) OR (brainstem volume) OR (brain volume) OR (Gesell Development Scale) OR (developmental quotients) OR (head circumference) OR (brain maturation) OR (Bayley Scales) OR (BSID) OR (Gross motor function) OR (amplitude-integrated) OR (cerebral palsy) OR (pattern-reversal visually evoked potentials) OR (VEP) OR (CNS Disease) OR (Central Nervous System Disorder))) AND ((Infant, Newborn [Mesh Terms]) OR (Newborn Infant) OR (Neonate) OR (Newborn) OR (premature birth) OR (premature infant) OR (infant, low birth weight) OR (preterm infant) OR (preterm birth))) AND ((Randomized controlled trial [Publication Type]) OR (controlled clinical trial [Publication Type]) OR (randomized [Title/Abstract]) OR (placebo [Title/Abstract]) OR (drug therapy [Subheading]) OR (randomly [Title/Abstract]) OR (trial [Title/Abstract]) OR (groups [Title/Abstract]))。

1.2 文献纳入与排除标准 纳入标准:1)包括国内外公开发表的随机对照试验(randomized controlled trial, RCT)或回顾性队列研究;2)研究对象为胎龄不超过 37 周的早产儿和(或)出生时体重低于 1 500 g 极低出生体重儿;3)营养配方:①试验组为含鱼油脂肪乳制剂,核心定义为油相中添加鱼油(含 DHA/EPA),包括但不限于多种油脂肪乳(SMOF,大豆油+中链甘油三酯+橄榄油+鱼油);②对照组为大豆油脂肪乳制剂,核心定义为油相以大豆油为主要成分、无鱼油添加,具体包含三类:a)纯大豆油脂肪乳:油相 100%为大豆油;b)大豆油中/长链脂肪乳:油相为大豆油与中链甘油三酯混合;c)橄榄油-大豆油混合乳:油相为橄榄油与大豆油混合(大豆油占比≥20%);4)结局指标:脑部磁共振成像(magnetic resonance imaging, MRI)和(或)年龄别头围 Z 评分(head circumference-for-age Z score, HCZ),MRI 相关研究需包含大脑总体积、脑干体积和小脑体积三项指标。5)队列研究需满足纽卡斯尔-渥太华量表(Newcastle-Ottawa Scale, NOS)评分≥7 分(中等及以上质量),确保其偏倚风险处于可接受范围,为与 RCT 合并提供质量基础。

排除标准:1)发表相似或重复的文献;2)无法获取原文的文献;3)数据不完整、临床结局不清晰或经评价质量较低的文献。

1.3 文献质量评价采用 Cochrane 偏倚风险评估工具对纳入的随机对照研究进行质量和偏倚风险评估。采用 NOS 对纳入的回顾性队列研究进行质量评价。

1.4 统计学方法 采用 RevMan 5.3 软件进行 Meta 分析。连续性变量采用均数差(*MD*)及其 95%置信区间(*CI*)作为效应指标,并采用逆方差法合并。若异质性检验 $P>0.10$ 且 $I^2<50\%$,采用固定效应模型;否则采用随机效应模型。采用逐一剔

除法评价结果的稳健性，并以漏斗图评价文章的发表偏倚。为评估队列研究混杂偏倚对合并效应的可能影响，按研究类型（RCT 与队列研究）进行亚组分析。

2　结　果

2.1　文献筛选流程与结果　按照纳入排除标准文献筛选流程见图 1，通过初筛、复筛和阅读全文后，最终纳入 9 篇[10-18]。

2.2　文献基本特征与质量评价　纳入研究的基本特征见表 1，其中随机对照试验 4 项、回顾性队列研究 5 项，累计样本量为 1 451 例（试验组 709 例、对照组 742 例）。5 项队列研究的 NOS 评分均为 7～9 分，见表 2；4 项随机对照试验的偏倚风险评估结果见图 2 和图 3。

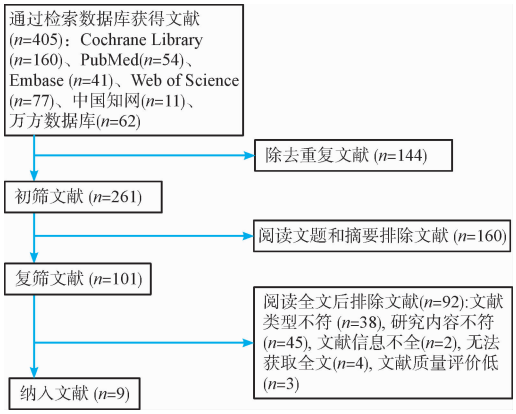


图 1　文献筛选流程图

Fig. 1　Flow diagram of literature screening

表 1　纳入文献的特征数据

Tab. 1　Characteristics of the included studies

作者	发表年份	研究类型	样本数(T/C)	T	C	纳入患儿	脂肪乳剂量	结局指标
Ottolini KM[10]	2024	队列研究	31/61	鱼油脂肪乳	S	胎龄<32 周和(或)出生体重<1 500g	起始 1.0g/(kg·d)，增加 1.0g/(kg·d)，最大 3g/(kg·d)	MRI
Costa S[11]	2023	队列研究	17/17	鱼油脂肪乳	S	胎龄<28 周和(或)出生体重<1 000g	起始 1.5g/(kg·d)，增加 0.5g/(kg·d)，最大 3g/(kg·d)	MRI，HCZ
Binder C[12]	2021	队列研究	41/35	鱼油脂肪乳	S	胎龄<37 周且出生体重<1 000g	起始 1.0g/(kg·d)，增加 0.5g/(kg·d)，最大 3.5g/(kg·d)	HCZ
Biagetti C[13]	2021	队列研究	178/192	鱼油脂肪乳	S/MS/OS	胎龄<32 周和(或)出生体重<1 250g	未提及	HCZ
Biagetti C[14]	2018	队列研究	221/219	鱼油脂肪乳	S/MS/OS	胎龄 24～36 周和(或)出生体重<1 250g	起始 1.0-1.5g/(kg·d)，第五日增至 2.5-3.5g/(kg·d)	HCZ
Vlaardingerbroek H[15]	2014	随机对照	48/48	鱼油脂肪乳	S	出生体重<1 500g	起始 2.0g/(kg·d)，第二日增至 3.0g/(kg·d)	HCZ
Uthaya S[16]	2016	随机对照	41/37	鱼油脂肪乳	S	胎龄<31 周	起始 2.0g/(kg·d)，第二日增至 3.0g/(kg·d)	HCZ
Costa S[17]	2021	随机对照	51/50	鱼油脂肪乳	S	出生体重<1 250g	起始 1.5g/(kg·d)，增加 0.5g/(kg·d)，最大 3g/(kg·d)	HCZ
Thanhaeuser M[18]	2020	随机对照	81/83	鱼油脂肪乳	S	出生体重<1 000g	起始 1.0g/(kg·d)，逐步增加，最大 3.5g/(kg·d)	HCZ

注：S 代表纯大豆油，OS 代表橄榄油-大豆油混合乳，MS 代表中链甘油三酯-大豆油混合乳。

表 2　队列研究 NOS 评分

Tab. 2　Newcastle-Ottawa Scale scores of the included cohort studies

作者	研究对象选择	组间可比性	结果测量	总分
Ottolini KM 2024[10]	4	1	2	7
Binder C 2021[12]	3	2	3	8
Biagetti C 2021[13]	4	1	2	7
Biagetti C 2018[14]	4	1	2	7
Costa S 2023[17]	4	2	3	9

2.3　Meta 分析结果

2.3.1　脑部磁共振成像　纳入的 2 项研究均报告大脑总体积、脑干体积和小脑体积。大脑总体积相关研究未见统计学异质性（$P=0.40$，$I^2=0\%$），采用固定效应模型，试验组的大脑总体积大于对照组（$MD=24.61\text{cm}^3$，95%CI：6.19～43.02，$Z=2.62$，$P=0.009$）。见图 4。脑干体积相关研究未见统计学异质性（$P=0.93$，$I^2=0\%$），采用固定效应模型，试验组的脑干体积大于对照组（$MD=0.70\text{cm}^3$，95%CI：0.34～1.06，$Z=3.79$，$P<0.001$）。见图 5。小脑体积相关研究存在中度异质性（$P=0.10$，$I^2=62\%$），采用随机效应模型，两组差异无统计学意义（$MD=2.78\text{cm}^3$，95%CI：－1.21～6.76，$Z=1.36$，$P=0.17$）。见图 6。上述分析仅基于 2 项研究，样本量有限，结果仅为初步证据。

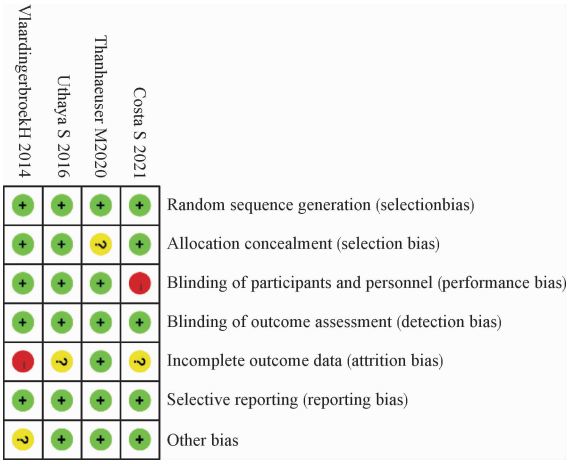


图 2 纳入随机对照试验的 Cochrane 偏倚风险评估

Fig. 2 Risk-of-bias assessment of the included randomized controlled trials

2.3.2 头围 Z 评分 8 项研究报告 HCZ。异质性检验未见统计学异质性($P=0.58$, $I^2=0\%$),采用固定效应模型;鱼油脂肪乳组与大豆油脂肪乳组的 HCZ 差异无统计学意义($MD=0.08$, 95% CI: −0.03～0.20, $Z=1.47$, $P=0.14$)。见图 7。但各研究测量时点并不一致,包括出院时(矫正胎龄 36.2～38.2 周)、矫正胎龄 36 周、37～44 周(足月等效年龄)、40 周以及矫正月龄 12 个月和 24 个月,可能是异质性的重要来源。

2.3.3 按研究类型分层的亚组分析 按研究类型进行亚组分析,RCT 与队列研究的亚组间差异无统计学意义($P=0.58$, $I^2=0\%$),未发现研究类型显著改变合并效应的证据;但受纳入研究数量限制,仍不能排除队列研究残余混杂对结果的影响。见图 8。

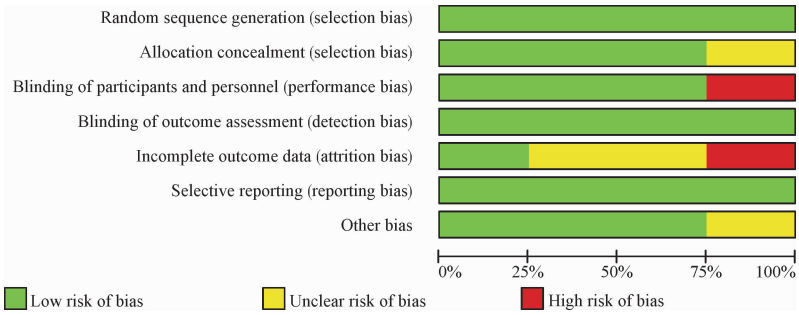


图 3 纳入随机对照试验的偏倚风险汇总图

Fig. 3 Summary of the risk-of-bias assessment of the included randomized controlled trials

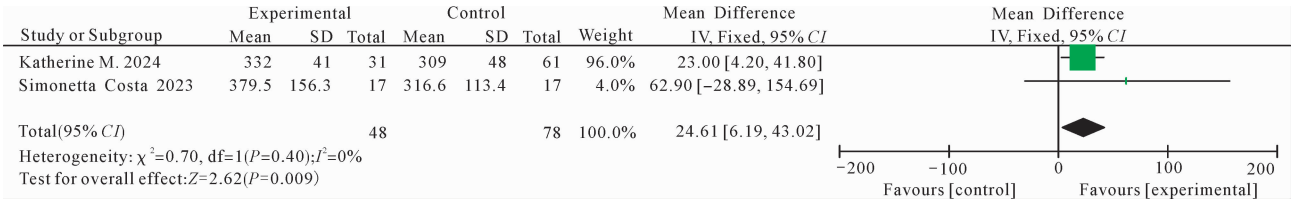


图 4 试验组与对照组大脑总体积的森林图

Fig. 4 Forest plot of the overall brain volume between the experimental group and the control group

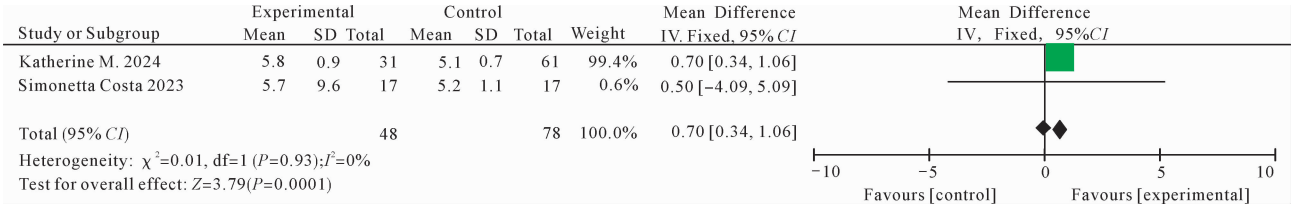


图 5 试验组与对照组脑干体积的森林图

Fig. 5 Forest plot of brainstem volume between the experimental group and the control group

2.4 敏感性分析与发表偏倚评估 对 HCZ 结果进行逐一剔除敏感性分析,删除任一研究后合并结果均未发生实质性变化,提示结果具有一定稳健性。针对 HC-Z 纳入文献绘制漏斗图,结果显示呈对称倒三角,表明发表偏倚不明显。见图 9。脑部磁共振成像包括的三部分只纳入 2 篇文献,敏感性分析结果显示该部分得到的结果可靠性较差。这进一步表明,当前关于含鱼油脂肪乳对脑体积影响的 Meta

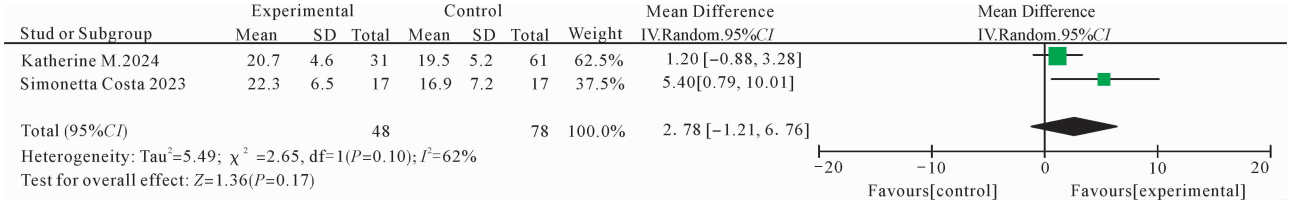


图 6　试验组与对照组小脑体积的森林图

Fig. 6　Forest plot of cerebellar volume between the experimental group and the control group

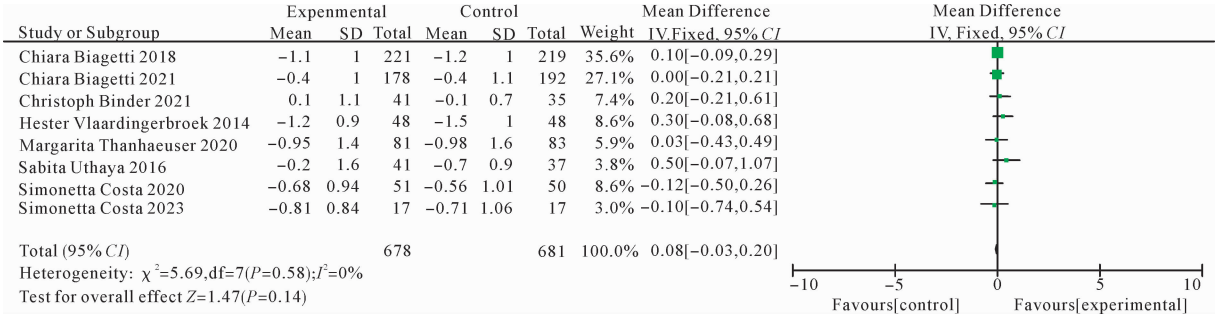


图 7　试验组与对照组头围 Z 评分(HC-Z)的森林图

Fig. 7　Forest plot of HCZ between the experimental group and the control group

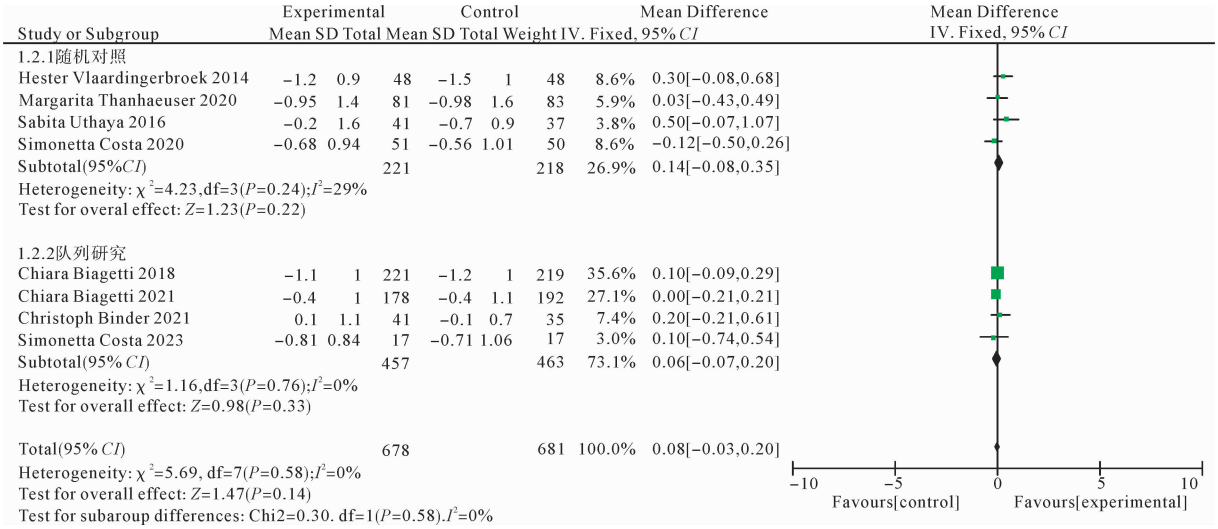


图 8　RCT 与队列研究的亚组分析

Fig. 8　Subgroup analysis of RCT and cohort studies

分析结果可靠性不足，解读时需极为谨慎。对 HCZ 进行亚组分析显示，RCT 与队列研究亚组间差异无统计学意义（$P=0.58$），表明队列研究的混杂偏倚未对整体结果造成系统性影响，合并结果稳定可靠。

3　讨　论

3.1　现有 MRI 证据共同提示鱼油脂肪乳对脑发育具有潜在积极作用　研究发现早产儿和极低出生体重儿存在神经发育障碍的风险[19-20]。鱼油脂肪乳虽在理论上可能通过多不饱和脂肪酸（如 DHA、ARA）改善神经发育结局，但现有临床研究结论存

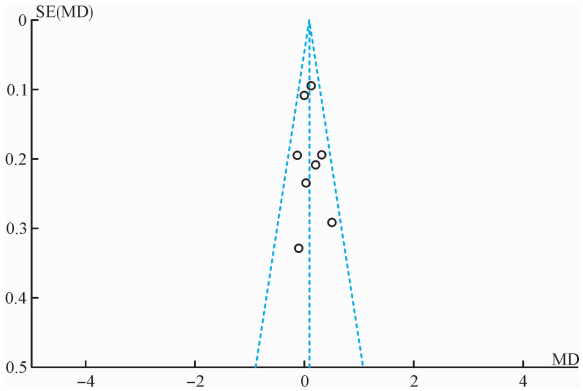


图 9　HCZ 的漏斗图

Fig. 9　Funnel plot for HCZ

在显著异质性。目前，头颅 MRI、HCZ 以及 Bayley 婴幼儿发展量表等是评价新生儿神经发育的常用结局指标。Bayley 婴幼儿发展量表对施测者要求较高，可能存在一定主观性。不同中心的 Bayley 婴幼儿发展量表测评数据可比性有限，个别研究时常选择性报告部分分项，显著降低数据可合并性，缺乏足够的高质量、可比性强的文献。头围生长与早产儿神经认知发育相关，且测量方法相对简便[21]；MRI 可定量评估脑结构及白质发育，为观察潜在的脑发育差异提供较直接的影像学信息[22]。本研究因此选取 HC-Z 和 MRI 相关连续变量作为结局指标，但不同指标的测量时点、方法和临床意义仍可能存在差异。本研究旨在通过系统评价和 Meta 分析，整合现有证据，并特别关注不同评估指标下结果的异同及其潜在原因。

HCZ 作为一项宏观生长指标，其变化受到营养状况和颅骨发育等多重因素的综合影响，对于早期、细微的脑内结构改变敏感性有限。鱼油通常富含 ω-3 多不饱和脂肪酸，并具有特定的 DHA 和 EPA 比例。DHA 和 EPA 是神经细胞膜磷脂的关键组成部分，尤其在快速发育的脑灰质和白质中高度富集。这些脂肪酸可能通过调节神经炎症反应、细胞膜流动性及信号转导效率，直接影响神经元的发育与连接，从而优化脑组织微观结构，这可能无法在 HCZ 这一宏观指标上得到充分体现。反之，MRI 能够直接、定量地评估脑组织容积，对灰质、白质乃至特定脑核团（如脑干）的细微变化具有极高的探测能力。因此，二者结果的不一致可能源于其衡量的神经发育维度不同。

Tam 等[23]研究发现，在新生儿生命的最初几周内，较高的 DHA 可以改善大脑微结构发育。Moltu 等[24]研究表明，补充 ARA 和 DHA 可以改善大脑白质成熟。Schneider 等[22]研究表明，早产儿在出生后的前两周，更多的能量和肠内喂养有助于更好的大脑和大脑白质发育成熟。Coviello 等[25]研究表明，累计脂肪摄入量与小脑和丘脑体积呈正相关。Ottolini 等[26]研究表明，早产儿出生后第一个月的早期累积脂质摄入与足月相当年龄的小脑体积显著增大有关。上述研究均采用头颅 MRI 评价，并提示脂质摄入可能与新生儿脑发育的部分指标相关。但遗憾的是，以上研究重点是脂质摄入量或累积量对新生儿神经发育的影响，与本研究纳入标准存在差异。

3.2 HCZ 阴性结果不能否定鱼油脂肪乳对早产儿神经发育的潜在获益 以 HCZ 为结局的研究结果并不一致。本 Meta 分析显示，鱼油脂肪乳与大豆油脂肪乳对早产儿和极低出生体重儿的头围没有显著影响。但并不能否认鱼油脂肪乳对于患儿神经发育的积极影响。另一方面，8 项 HCZ 研究的测量时点并不统一，不同时间点分别反映住院期快速生长、足月等效年龄或远期随访阶段的头围生长状态，生物学意义和影响因素存在差异。尽管统计异质性较低（$\chi^2=5.69$，df$=7$，$P=0.58$，$I^2=0\%$），测量时点差异仍可能降低结果的可比性并掩盖时间依赖性效应。受研究数量限制，本研究未能按测量时点开展亚组分析，无法定量评估该异质性的影响程度，这也是本研究重要的方法学局限。

3.3 测量时点异质性与研究设计缺陷制约证据强度，亟需大样本标准化 RCT 验证 首先，部分纳入研究为回顾性队列研究，易受选择偏倚、信息偏倚及残余混杂影响；即使亚组间差异无统计学意义，也不能据此排除上述偏倚。其次，部分 RCT 在盲法、不完整结局数据或其他偏倚领域被评为高风险或风险不明确，限制了证据的确定性。此外，HCZ 测量时点不统一，增加了临床异质性。未来应开展设计严谨的多中心、大样本 RCT，预先统一主要结局及测量时点，并报告长期神经行为学和影像学结局。

综上，本 Meta 分析显示，鱼油脂肪乳与大豆油脂肪乳对早产儿和/或极低出生体重儿 HCZ 的影响差异无统计学意义。仅有 2 项 MRI 研究提示，鱼油脂肪乳组的大脑总体积和脑干体积较大，但研究数量和样本量有限，且对照制剂存在异质性，相关结果应视为初步证据。未来研究应采用统一的脂肪乳分类、结局定义和测量时点，扩大样本量，并结合标准化脑影像与长期神经行为学随访，以更可靠地评价鱼油脂肪乳对早产儿脑发育及远期神经预后的影响。

利益冲突声明 本文不存在利益冲突

数据可用性声明 本研究未生成新的数据，对于纳入的每项研究均已在参考文献列表中列出。

参考文献

[1] 韩立华，王凯，冯小兰，等. 妊娠期和哺乳期母亲膳食营养影响子代骨骼发育的研究进展[J]. 食品科学，2026，47(3)：394-405.
Han LH, Wang K, Feng XL, et al. Recent advances in the effect of maternal dietary nutrition during pregnancy and lactation on offspring bone development [J]. Food Science, 2026, 47(3): 394-405. (in Chinese)

[2] Lodygensky GA, Vasung L, Sizonenko SV, et al. Neuroimaging of cortical development and brain connectivity in human newborns and animal models[J]. J Anat, 2010, 217

(4)：418-428.

[3] Ottolini KM，Andescavage N，Keller S，et al. Nutrition and the developing brain：The road to optimizing early neurodevelopment：A systematic review[J]. Pediatr Res，2020，87(2)：194-201.

[4] Cheong JLY，Olsen JE，Lee KJ，et al. Temporal trends in neurodevelopmental outcomes to 2 years after extremely preterm birth[J]. JAMA Pediatr，2021，175(10)：1035.

[5] Skinner AM，Narchi H. Preterm nutrition and neurodevelopmental outcomes[J]. World J Methodol，2021，11(6)：278-293.

[6] Deshpande GC，Cai W. Use of lipids in neonates requiring parenteral nutrition[J]. J Parenter Enteral Nutr，2020，44(Suppl 1)：45-54.

[7] Bin-Nun A，Kassirer Y，Mimouni FB，et al. Head circumference growth is enhanced by SMOFlipid in preterm neonates[J]. Am J Perinatol，2020，37(11)：1130-1133.

[8] Hill NS，Cormack BE，Little BS，et al. Growth and clinical outcome in very low-birth-weight infants after the introduction of a multicomponent intravenous lipid emulsion[J]. JPEN J Parenter Enteral Nutr，2020，44(7)：1318-1327.

[9] Johnson MJ，Lapillonne A，Bronsky J，et al. Research priorities in pediatric parenteral nutrition：A consensus and perspective from ESPGHAN/ESPEN/ESPR/CSPEN[J]. Pediatr Res，2022，92(1)：61-70.

[10] Ottolini KM，Ngwa J，Basu SK，et al. Brain development using a multicomponent intravenous lipid emulsion in preterm infants[J]. BMC Pediatr，2024，24(1)：847.

[11] Costa S，Cocca C，D′Apolito G，et al. Effects of a multicomponent lipid emulsion on brain volumes in extremely low birth weight infants[J]. Am J Perinatol，2024，41(S 01)：e1813-e1819.

[12] Binder C，Schned H，Longford N，et al. A mixed-lipid emulsion containing fish oil for the parenteral nutrition of preterm infants：No impact on visual neuronal conduction[J]. Nutrients，2021，13(12)：4241.

[13] Biagetti C，Correani A，D′Ascenzo R，et al. Is intravenous fish oil associated with the neurodevelopment of extremely low birth weight preterm infants on parenteral nutrition[J]. Clin Nutr，2021，40(5)：2845-2850.

[14] Biagetti C，Correani A，D′Ascenzo R，et al. Does intravenous fish oil affect the growth of extremely low birth weight preterm infants on parenteral nutrition[J]. Clin Nutr，2019，38(5)：2319-2324.

[15] Vlaardingerbroek H，Vermeulen MJ，Carnielli VP，et al. Growth and fatty acid profiles of VLBW infants receiving a multicomponent lipid emulsion from birth[J]. J Pediatr Gastroenterol Nutr，2014，58(4)：417-427.

[16] Uthaya S，Liu X，Babalis D，et al. Nutritional evaluation and optimisation in neonates：A randomized，double-blind controlled trial of amino acid regimen and intravenous lipid composition in preterm parenteral nutrition[J]. Am J Clin Nutr，2016，103(6)：1443-1452.

[17] Costa S，Cocca C，Barone G，et al. Growth of head circumference and body length in preterm infants receiving a multicomponent vs a soybean-based lipid emulsion：A randomized controlled trial[J]. J Parenter Enteral Nutr，2021，45(1)：94-101.

[18] Thanhaeuser M，Fuiko R，Oberleitner-Leeb C，et al. A randomized trial of parenteral nutrition using a mixed lipid emulsion containing fish oil in infants of extremely low birth weight：Neurodevelopmental outcome at 12 and 24 months corrected age，a secondary outcome analysis[J]. J Pediatr，2020，226：142-148.e5.

[19] 王娜，李晓莺. 早产儿神经发育评估的进展[J]. 中国儿童保健杂志，2023，31(4)：404-407，432.
Wang N，Li XY. Progress in neurodevelopmental assessment of premature infants[J]. Chin J Child Health Care，2023，31(4)：404-407，432.（in Chinese）

[20] Manuela S，Giovanna V，Silvia V，et al. Fetal dependency on maternal fatty acids：A pilot study in human pregnancies using the natural abundance variation of (13)C[J]. Br J Nutr，2025，133(2)：194-201.

[21] 余红，陈晓霞，吴长划，等. 早产儿体格生长和神经发育的早期综合干预效果评价[J]. 预防医学，2022，34(8)：771-775.
Yu H，Chen XX，Wu CH，et al. Effect of early comprehensive interventions on physical growth and neurodevelopment among premature infants[J]. China Preventive Medicine Journal，2022，34(8)：771-775.（in Chinese）

[22] Schneider J，Fischer Fumeaux CJ，Duerden EG，et al. Nutrient intake in the first two weeks of life and brain growth in preterm neonates[J]. Pediatrics，2018，141(3)：e20172169.

[23] Tam EWY，Chau V，Barkovich AJ，et al. Early postnatal docosahexaenoic acid levels and improved preterm brain development[J]. Pediatr Res，2016，79(5)：723-730.

[24] Moltu SJ，Nordvik T，Rossholt ME，et al. Arachidonic and docosahexaenoic acid supplementation and brain maturation in preterm infants：A double blind RCT[J]. Clin Nutr，2024，43(1)：176-186.

[25] Coviello C，Keunen K，Kersbergen KJ，et al. Effects of early nutrition and growth on brain volumes，white matter microstructure，and neurodevelopmental outcome in preterm newborns[J]. Pediatr Res，2018，83(1)：102-110.

[26] Ottolini KM，Andescavage N，Kapse K，et al. Early lipid intake improves cerebellar growth in very low-birth-weight preterm infants[J]. J Parenter Enteral Nutr，2021，45(3)：587-595.

收稿日期：2025-10-23　**修回日期**：2026-06-17　**本文编辑**：王悦