

膳食中多不饱和脂肪酸对心血管疾病防治研究进展

陈雪,梁克红,王靖,朱宏

(农业农村部食物与营养发展研究所,北京100081)

摘要:多不饱和脂肪酸对心血管疾病(CVD)的防治作用,近年来受到了广泛关注。综述了多不饱和脂肪酸(主要是 $\omega-3$ 和 $\omega-6$ 多不饱和脂肪酸)的代谢、对CVD危险因素(血压、血脂、炎症)的影响、对心血管疾病的影响、膳食来源及摄入量,以期对CVD的膳食防治提供理论依据。

关键词:多不饱和脂肪酸;心血管疾病;代谢;心血管疾病危险因素;膳食来源;摄入量

中图分类号:TS251.1;TS221 文献标识码:A 文章编号:1003-7969(2020)10-0087-08

Progress in prevention and treatment of cardiovascular diseases by dietary polyunsaturated fatty acids

CHEN Xue, LIANG Kehong, WANG Jing, ZHU Hong

(Institute for Food and Nutrition Development, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Beijing 100081, China)

Abstract: In recent years, polyunsaturated fatty acids (PUFA) have been widely concerned about their prevention and treatment of cardiovascular diseases. The metabolism of polyunsaturated fatty acids (mainly $\omega-3$ and $\omega-6$ polyunsaturated fatty acids), the influence on risk factors (blood pressure, blood lipids, inflammation) of the cardiovascular disease, the influence on cardiovascular disease, dietary sources and intake of polyunsaturated fatty acids were reviewed so as to provide theoretical basis for dietary prevention and treatment of cardiovascular diseases.

Key words: polyunsaturated fatty acids; cardiovascular disease; metabolism; cardiovascular risk factor; dietary source; intake

心血管疾病(Cardiovascular diseases, CVD)是全球范围内导致死亡的最主要原因^[1]。据世界卫生组织统计,2015年约有1 770万人死于CVD,占全球死亡人数的31%^[2]。因此,流行病学研究的重点是不同国家之间生活方式的差异,尤其是饮食习惯的差异,与心肌梗死发生率的相关性。在7个国家进行的一项研究表明^[3],日本和地中海国家的缺血性心脏病死亡率低于美国和北欧国家,并强调了日本和地中海饮食中富含的不饱和脂肪酸在其中所起的作用。

自Keys等^[4]发表有关血浆胆固醇和膳食饱和脂肪酸(SFA)关系的开创性研究以来,普遍认为膳食脂肪酸与心血管健康息息相关。CVD与多种风险因素相关,其中一些风险可以通过健康的生活方式和饮食来控制。食物中营养素摄入不足或过量可能在CVD发病中起相关作用,多不饱和脂肪酸(PUFA)摄入不足是其中最重要的特征之一,可能比减少高膳食摄入SFA更有意义。有证据表明^[5],用PUFA代替SFA可以预防CVD,并且PUFA似乎比减少SFA和用碳水化合物替代更具保护作用。

1 PUFA的代谢

根据不饱和双键的位置,PUFA主要有 $\omega-3$ PUFA和 $\omega-6$ PUFA。 $\omega-3$ PUFA包括 α -亚麻酸(ALA)、二十碳五烯酸(EPA)、二十二碳五烯酸(DPA)、二十二碳六烯酸(DHA)等。 $\omega-6$ PUFA以亚油酸(LA)为主^[6],是 γ -亚麻酸(GLA)、双高- γ -亚麻酸(DHGLA)和花生四烯酸(AA)的前体。

收稿日期:2020-05-16;修回日期:2020-07-22

基金项目:中国农业科学院创新工程项目(ASTIP2020-7);北京市科技计划(Z181100009318008)

作者简介:陈雪(1996),女,实验员,研究方向为食品科学(E-mail)983029245@qq.com。

通信作者:朱宏,助理研究员,博士(E-mail)zhuhong@caas.cn。

ALA 和 LA 是人体不能自身合成的脂肪酸,需从食物中摄取,是必需脂肪酸(EFA)。

在人体内,PUFA 的合成和转换是一个非常复杂的过程, $\omega-3$ PUFA 和 $\omega-6$ PUFA 两者之间存在代谢竞争抑制。当人体摄入 $\omega-3$ PUFA 过多时,会减少总 $\omega-6$ PUFA 的量,但目前缺乏有效的生物标志物来进行暴露,并且不明确如果过量食用 $\omega-3$ PUFA 的可能危害,因此无法确定上限;而当摄入 $\omega-3$ PUFA 不足时,来自 $\omega-6$ PUFA 衍生的二十烷类化合物和生成的血栓素生成过多,不利于人体健康。

1.1 $\omega-3$ PUFA 的代谢

$\omega-3$ PUFA 从饮食中摄入后,会被胃肠道吸收并以甘油三酯的形式通过乳糜微粒转运到肝脏。在被运输到肝脏后, $\omega-3$ PUFA 被用作脂蛋白颗粒(包括低密度脂蛋白(LDL))中甘油三酯的来源。一些 $\omega-3$ PUFA 作为血浆磷脂从肝脏释放到血液中,并进入全身的细胞膜磷脂中;一些 $\omega-3$ PUFA 以甘油三酯的形式储存在脂肪组织中。甘油三酯主要包含油酸和 SFA,磷脂主要包含 PUFA。

作为必需脂肪酸的 ALA,被认为是 $\omega-3$ 系脂肪酸的母体,通过去饱和酶和延伸酶代谢(见图 1)。ALA 被代谢为 EPA 和 DHA,是前列腺素和白三烯的前体。Goyens 等^[7]研究发现,近 7% 的膳食 ALA 可转化为 EPA,而只有 0.013% 的 ALA 通过肝脏转化为 DHA。DHA 逆向转化为 EPA 的生化 and 临床意义尚不清楚。尽管 $\omega-3$ PUFA 对生命健康至关重要,特别是对于正常的生长和发育,但只有少量的 ALA 可以转化为 EPA 或 DHA。

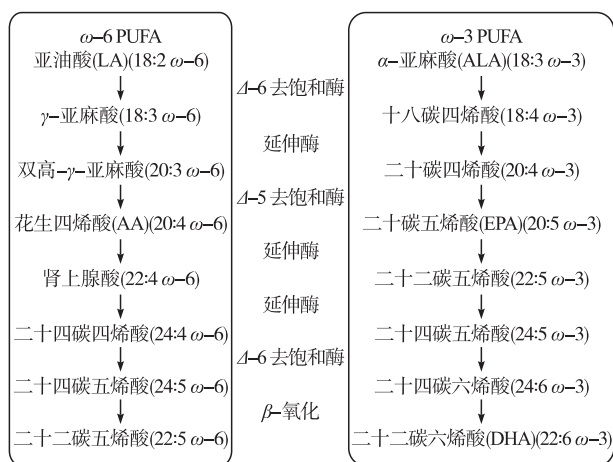


图 1 多不饱和脂肪酸的代谢途径^[8]

1.2 $\omega-6$ PUFA 的代谢

作为必需脂肪酸的 LA,被认为是 $\omega-6$ 系脂肪酸的母体,能被延伸酶和去饱和酶代谢(见图 1),生

成碳链较长、双键数量较多的 PUFA,其中 AA 占比最大且与生理最相关。AA 是前列腺素、血栓烷和白三烯的前体。不同的细胞类型,代谢 LA 的能力也不同。在人体中,LA 转化为 AA 是非常有限的($<1\%$)。因此,增加膳食 LA 的摄入量并不会导致 AA 组织水平的显著增加,也不会促进前列腺素或其他 AA 代谢物的生物合成。

不同系列($\omega-3$ 、 $\omega-6$)脂肪酸作为去饱和酶和延伸酶的底物存在竞争,其中 $\omega-3$ 系脂肪酸作为底物优先使用,其次是 $\omega-6$ 。这些酶的活性受多种因素影响,注射胰岛素和葡萄糖、缺乏必需脂肪酸可能会使酶活性增加,年龄高、肾上腺素和胰高血糖素以及类固醇的存在、富含胆固醇和氧甾醇的饮食都会抑制去饱和酶和延伸酶的活性^[9],而生活习惯(例如吸烟、饮酒)可能对这些酶的活性产生负面影响^[10]。

2 多不饱和脂肪酸对心血管危险因素的影响

2.1 血压

降低血压对于降低与动脉性高血压相关的临床事件的风险至关重要,而饮食的改变是实现这一目标的首要途径之一,尤其是对于没有接受药物治疗的患者。随机对照试验的 Meta 分析表明, $\omega-3$ PUFA 可降低血压^[11-14]。Morris 等^[11]研究显示,平均摄入 4.8 g/d 的 $\omega-3$ PUFA,接受过药物治疗的患者血压降低了 0.4/0.2 kPa(收缩压/舒张压),在未接受药物治疗的高血压患者中作用最强,血压降低了 0.5/0.3 kPa。Appel 等^[12]研究显示,每天服用 3 g $\omega-3$ PUFA,未经治疗的高血压患者的血压下降了 0.7/0.5 kPa。Geleijnse 等^[13]报道摄入 3.7 g/d $\omega-3$ PUFA 使 45 岁以上人群血压平均降低了 0.3/0.2 kPa,在高血压人群中效果最好(-0.5/-0.3 kPa)。Miller 等^[14]研究显示, $\omega-3$ PUFA 摄入量大于等于 2 g/d 可降低收缩压和舒张压,在未经治疗的高血压受试者中效果最明显(-0.6/-0.4 kPa)。Stanler 等^[15]研究显示,成年人的收缩压降低 0.3 kPa 与冠状动脉死亡减少 4%、中风减少 6% 相关。

Miura 等^[16]研究表明,4 680 名受试者的饮食中 LA 的含量与收缩压和舒张压成反比,但这种关系并不显著,对“不干预”组(无特殊的饮食、食品补充剂或药物,且没有 CVD 或糖尿病)的分析显示,血压以一种温和但有统计学意义的方式降低(LA 摄入量每增加 3.8%,血压下降 0.2/0.1 kPa),与 Lee 等^[17]的 Meta 分析显示的结果一致。对饮食干预和血管功能研究发现,患有中等 CVD 风险的男性和女性用

$\omega-6$ PUFA 替代 SFA, 可减少夜间收缩压的升高^[18]。综上, $\omega-3$ PUFA 可有效降低高血压患者和高龄人群的血压, 减少 CVD 风险; 而 $\omega-6$ PUFA 对血压的相关影响, 仍需更深入的研究查证。

2.2 血脂

动脉硬化的主要致病因素是高脂血症, 其中低密度脂蛋白胆固醇 (LDL-C) 在动脉硬化的进展中尤为重要, 降低 LDL-C 成为控制动脉硬化的一个目标^[19], 而 $\omega-3$ PUFA 通过降低血浆中 LDL-C 和极低密度脂蛋白胆固醇 (VLDL-C), 升高高密度脂蛋白胆固醇 (HDL-C), 从而降低冠状动脉血管病变发生率^[20]。对 17 个以人群为基础的研究进行的 Meta 分析表明, 甘油三酯水平高是 CVD 的独立危险因素^[21], $\omega-3$ PUFA 可使血浆甘油三酯减少 20%~30%^[22], 从而降低 CVD 风险。临床试验表明, $\omega-3$ PUFA 可以辅助血脂异常患者的降脂治疗。对此, Chan 等^[23] 研究显示, 阿托伐他汀和鱼油 (主要富含 $\omega-3$ PUFA) 对内脏肥胖男性的血脂异常纠正具有独立和累加作用, 仅使用阿托伐他汀可以改善残余脂蛋白的异常, 而他汀类药物和鱼油 (主要富含 $\omega-3$ PUFA) 的联合治疗可能为整体纠正肥胖中的血脂异常提供最佳治疗方法。

$\omega-6$ PUFA 的主要作用是降低血液胆固醇水平, 特别是使 LDL-C 水平降低。几项研究调查了 $\omega-6$ PUFA 降低胆固醇作用的可能机制, LA 对 LDL-C 水平的调节可能是多种机制共同作用的结果。例如, 在动物模型中, LA 的饮食摄入会增加 LDL 受体的肝表达^[24]。

目前, 国内外关于 PUFA 对血脂代谢的研究多集中在 $\omega-3$ PUFA 方面, 对 $\omega-6$ PUFA 的相关研究较少, 但以上的研究足以证明 PUFA 可调节血脂异常, 降低 CVD 风险。

2.3 炎症

几乎所有的慢性病, 包括 CVD、糖尿病和肥胖症, 都被认为表现为炎症, 炎症与氧化应激密切相关。最近, Ridker 等^[25] 的结果为动脉粥样硬化血栓形成的炎症假说提供了证据, 即证明了减少炎症可降低 CVD 风险的概念。 $\omega-3$ PUFA 的抗炎和免疫调节作用是通过炎症性类花生酸和白三烯、细胞因子和氧化应激的减弱, 以及通过改变内皮和细胞激活以及免疫细胞功能介导的。EPA 是脂氧合酶途径的优选底物, 可消耗白三烯 B4, 形成相对无活性的白三烯 B5; 白三烯 B4 来自 AA, 是白细胞的有效趋化因子。 $\omega-3$ PUFA 可减少脂多糖刺激单核细

胞/淋巴细胞后促炎性细胞因子的离体形成^[26]。 $\omega-3$ PUFA 体外试验已证明其可以减少促炎性细胞因子、细胞黏附分子的表达以及单核细胞与内皮细胞的黏附^[27]。 $\omega-3$ PUFA 使黏附分子表达减弱, 使人淋巴细胞和单核细胞与细胞动素刺激内皮细胞的结合减少。

几乎所有关于增加饮食中 PUFA 替代 SFA 建议的讨论中, 人们都对饮食中 $\omega-6$ PUFA 引起炎症的潜在风险表示担忧。 $\omega-6$ PUFA 和 $\omega-3$ PUFA 是某些相同代谢酶的竞争底物, 通常得出这样的结论: $\omega-3$ PUFA 可产生抗炎化合物, $\omega-6$ PUFA 可产生促炎化合物。 $\omega-6$ PUFA 的潜在风险主要与 LA 转化为 AA 有关, AA 是前列腺素 E3 和白三烯 B5 等炎症性二十碳酸的前体。但是, 脂蛋白是由 $\omega-6$ PUFA 衍生的一种特殊的促分解介质, 在减轻及分解炎症反应中起作用。也有人提出, 饮食中 LA 含量与炎症增加之间没有直接关系, 实际上, 该风险可能与饮食中 $\omega-6$ PUFA 与 $\omega-3$ PUFA 比例的升高有关, 在大多数现代西方饮食中 $\omega-6$ PUFA 与 $\omega-3$ PUFA 的比例超过 10:1。尽管理论分析表明增加 $\omega-6$ PUFA 的摄入会增加炎症反应, 但许多研究和试验不支持这种推论。对 364 例已确诊的心血管病患者进行的平衡程序试验表明, $\omega-6$ PUFA 与炎症生物标志物 C 反应蛋白 (CRP) 浓度和白介素 (IL)-1 β 呈负相关。CRP 不仅是一种非特异的炎症标志物, 其本身直接参与了炎症与动脉粥样硬化等 CVD, 并且是 CVD 最强有力的预示因子与危险因子。IL-1 β 是一种重要的炎症细胞因子, 参与动脉粥样硬化相关的免疫及炎症反应, 对冠状动脉粥样硬化性心脏病 (冠心病) 的发生、发展及斑块破裂起重要作用。增加 1 g/4 186 kJ 的 PUFA, $\omega-3$ PUFA 和 $\omega-6$ PUFA, 可使 IL-1 β 平均浓度分别降低 6%、48% 和 8%^[28]。对 1984—1989 年缺血性心脏病危险因素研究, 1 287 名 42~60 岁健康男性的多变量校正分析表明, 血清中 $\omega-6$ PUFA 与男性炎症增加无关, 相反, 主要的 $\omega-6$ PUFA 亚油酸与关键的炎症标记物 CRP 有很强的负相关性^[29]。Johnson 等^[30] 对 15 项随机对照试验 (RCT) 进行了系统评价, 评估了膳食 LA 对几种慢性炎症生物标志物 (反应蛋白, 纤维蛋白原, 纤溶酶原激活物抑制剂-1, 细胞因子, 可溶性血管黏附分子, 肿瘤坏死因子- α) 的影响, 结果并未有 LA 与慢性炎症生物标志物的重大发现, 但发现在较高的 LA 摄入量条件下, 前列腺素 E2 的排泄量较高, 而 2,3-二氮-血栓烷 B2 的排泄量较低, 四正庚二酸的排泄量也较高。因此,

Johnson 等认为没有来自 RCT 的数据来支持增加 $\omega-6$ PUFA 的摄入会促进健康成年人的炎症反应。需要长期的 RCT 来进一步评估饮食中 $\omega-6$ PUFA 摄入增加与炎症之间的关系。然而,迄今为止的证据并不支持 $\omega-6$ PUFA 对炎症标志物的不利影响。

3 多不饱和脂肪酸对心血管疾病的影响

3.1 $\omega-3$ PUFA 对心血管疾病的影响

提高 $\omega-3$ PUFA 的摄入量是一种很有前途的治疗 CVD 的新营养途径,包括冠心病,如心绞痛和心肌梗死。 $\omega-3$ PUFA 可调节胆固醇水平、脂肪细胞代谢、脂肪生成、炎症、血栓形成和动脉硬化,从而潜在地降低 CVD。 $\omega-3$ PUFA 可以降低冠心病相关死亡率和心源性猝死的风险,使致死性 CVD 的风险降低。Heiner 等^[31] 在一项包含 15 806 名患者的荟萃分析中,发现 $\omega-3$ PUFA 与致命性心肌梗死和猝死降低 30%、总死亡率降低 20% 有关。Maki 等^[32] 在对包括 71 899 名受试者的 14 项随机对照试验的分析中发现,与对照组相比,使用 $\omega-3$ 脂肪酸可将心脏死亡的风险降低 8.0%。一项针对近 7 000 名 II 级至 IV 级心力衰竭 (GISSI-HF) 的患者的随访研究表明, $\omega-3$ PUFA 可将总死亡率降低 9%,将因 CVD 的总死亡率或住院率降低 8%^[33]。Gobbo 等^[34] 通过收集 19 项队列研究,发现 $\omega-3$ 生物标志物 ALA、DPA 和 DHA 与降低冠心病致死风险相关。O'Keefe 等^[35] 研究发现, $\omega-3$ PUFA 有助于预防非致死性心肌梗死和急性冠状动脉综合征。Mozaffarian 等^[36] 发现,服用富含 $\omega-3$ PUFA 鱼油的人非致死性 CVD 的风险较低。

3.2 $\omega-6$ PUFA 对心血管疾病的影响

通过坚持健康的饮食和生活方式,CVD 在很大程度上是可以预防的。膳食 $\omega-6$ PUFA 主要包括 LA 和 AA。LA 占膳食 PUFA 的主要部分(约 90%),而 AA 的摄入量较低。大多数临床研究已经报道了 $\omega-6$ PUFA 的摄入量与 CVD 发病率之间的反向关系。最近一项对 30 项前瞻性观察研究的 Meta 分析(包括 68 659 名参与者)^[37] 表明,LA 的循环和组织水平升高,与总 CVD、CVD 死亡率和缺血性卒中降低有关。另一项汇总分析(包括 39 740 名成年人)^[38] 显示,在不同脂质区室(磷脂、血浆、胆固醇酯和脂肪组织)中总脂肪酸中较高的 LA 生物标志物比例与 2 型糖尿病风险降低相关,而 AA 生物标志物与 2 型糖尿病风险没有显著相关性。Farvid 等^[39] 的 Meta 分析评估了来自 310 602 名未患冠状动脉疾病的受试者的数据,发现 LA 平均摄入量存在很大的变异性,从占摄入总能量的 1.1% ~

3.7% 到 2.6% ~ 6.8%,LA 摄入量最高的那组显示冠心病风险和死亡率分别降低 15% 和 21%。在 Chen 等^[40] 的研究中发现:用 $\omega-6$ PUFA 能量代替摄入的乳脂肪的 5% 能量,可使冠心病风险降低 25%;当将乳脂肪指定为比较营养素时, $\omega-6$ PUFA 能量摄入每增加 5%,中风风险降低 24%。Mozaffarian 等^[41] 研究发现, $\omega-6$ PUFA 替代 5% 的 SFA 能量可降低 10% 的冠心病风险;Sacks 等^[42] 发现高 PUFA 和低 SFA 饮食可降低 29% 的 CVD 风险。总的来说,来自临床研究和 Meta 分析的数据表明, $\omega-6$ PUFA 组织水平与改善心血管疾病预后之间存在明显的联系,增加 $\omega-6$ PUFA 的摄入量可有效降低 CVD 风险。

3.3 $\omega-6$ PUFA 与 $\omega-3$ PUFA 的比值对心血管疾病的影响

$\omega-6/\omega-3$ PUFA 的平衡对心血管健康很重要。Yang 等^[43] 研究发现,与猪油和 $\omega-6/\omega-3$ PUFA 高的高脂饮食相比,低 $\omega-6/\omega-3$ PUFA 的饮食可以改善脂质代谢、炎症、氧化应激和内皮功能,低 $\omega-6/\omega-3$ PUFA 的饮食可以改善 CVD 的危险因素,以预防 CVD。Ruby 等^[44] 的研究观察到 $\omega-6/\omega-3$ PUFA 与血脂异常直接相关。Artemis^[45] 表明,在冠心病的一级和二级预防中, $\omega-6/\omega-3$ PUFA 的平衡是降低冠心病风险的重要决定因素。

4 多不饱和脂肪酸的来源

膳食中 PUFA 来源见表 1。大多数作物种子和植物油,包括菜籽油、大豆油、玉米油和葵花籽油,都是以 LA 形式存在的 $\omega-6$ PUFA 的主要来源,而 $\omega-3$ PUFA (ALA) 的比例较低。与 $\omega-6$ PUFA 相比, $\omega-3$ PUFA 的摄入通常是不足的。ALA 在奇亚(西班牙鼠尾草)和亚麻的种子中含量非常丰富(表 1)。绿叶蔬菜也含有高比例(占其总脂肪酸的 60% ~ 70%)的 PUFA,形式主要为 ALA^[46]。以水产、畜肉为基础的饮食也可以提供 EPA、DPA、DHA 和 AA,可直接用于身体的正常生理功能(表 1),以防治 CVD。在植物和动物性食品中,大多数(约 98%)的长链 PUFA 以三酰基甘油(TAGs)的形式存在,其次是磷脂(PLs;例如卵磷脂)和二酰基甘油(DAGs)、胆固醇酯(CE)和脂溶性维生素酯(例如视黄酸酯和醋酸生育酚)。不同形式的长链 PUFA 在动物中表现出明显不同水平的生物利用能力^[47]。与 TAGs 的甘油解相比,由于 PLs 具有两亲性质、更好的水分散性和对磷脂酶更高的敏感性,因此 PLs 具有更高的生物利用度^[47]。此外,由于大脑对 PLs 的摄取更高,因此 PLs 形式的 LC-PUFA 补充剂比

TAGs 更为有效。例如,磷虾油以 PLs 的形式含有近 油中的长链 PUFA 以 TAGs 的形式存在^[48]。35% 的 DHA,因此其被认为比鱼油更有效,因为鱼

表 1 多不饱和脂肪酸的来源

g/100 g

食物	$\omega-3$				$\omega-6$		
	ALA	DHA	EPA	DPA	LA	AA	
油脂类	大豆油	6.789	-	-	-	50.952	-
	低芥酸菜籽油	9.137	-	-	-	18.640	-
	橄榄油	0.761	-	-	-	9.762	-
	胡桃油	10.400	-	-	-	52.900	-
	红花籽油	0.096	-	-	-	12.724	-
	芥末籽油	5.899	-	-	-	15.332	-
	小麦胚芽油	6.900	-	-	-	54.800	-
	亚麻籽油	53.368	-	-	-	14.327	-
水产类	鲱鱼油	1.490	8.562	13.168	4.915	2.154	1.169
	鲑鱼油	1.061	18.232	13.023	2.991	1.543	0.675
	沙丁鱼油	1.327	10.656	10.137	1.973	2.014	1.756
	鳕鱼肝油	0.935	10.968	6.898	0.935	0.935	0.935
	奇努克鲑鱼	0.089	0.944	1.008	0.301	0.122	0.147
	鲱鱼	0.103	0.862	0.709	0.055	0.130	0.060
	河鲱	0.158	1.321	1.086	0.084	0.199	0.092
	人工养殖鲱鱼	0.148	1.104	0.862	0.393	0.900	0.092
	腌鲱鱼	0.141	1.179	0.970	0.075	0.178	0.082
	鲭鱼	0.159	1.401	0.898	0.212	0.219	0.183
	鲹鱼	-	0.519	0.252	0.062	0.060	-
	鱼子酱	0.017	3.800	2.741	2.741	0.081	0.505
	牡蛎	0.032	0.250	0.438	0.020	0.032	0.038
	贻贝	0.020	0.253	0.188	0.022	0.018	0.070
	章鱼干	-	0.307	0.288	0.023	0.034	0.148
	大螯虾	0.008	0.108	0.265	0.034	0.013	0.154
螃蟹	0.002	0.113	0.259	0.008	0.006	0.033	
肉类	牛脑	-	0.851	-	0.374	0.041	0.319
	牛肝	0.053	0.039	0.112	0.144	0.140	0.190
	牛肾	0.081	0.031	0.153	0.103	0.380	0.370
	羊肝	0.137	0.163	0.129	0.135	0.153	0.124
	羊脑	-	0.364	-	0.055	0.006	0.155
坚果类	奇亚籽	17.830	-	-	-	5.835	-
	火麻仁	8.684	-	-	-	27.358	-
	黑胡桃	2.677	-	-	-	33.760	-
	亚麻籽	22.813	-	-	-	5.903	-
	巴西坚果	0.018	-	-	-	23.859	-
藻类	螺旋藻	0.823	-	-	-	1.254	-
蛋类	鸡蛋	0.170	0.199	0.001	0.024	6.989	0.711

注:数据来源于美国营养参考标准数据库。

5 多不饱和脂肪酸的膳食摄入量推荐

有关于不饱和脂肪酸的推荐摄入量见表 2^[49-54]。PUFA 是整个人类生命中的关键营养素,中国营养学会颁布的《中国居民膳食营养素参考摄入量》^[52]中,推荐必需脂肪酸 $\omega-3$ 和 $\omega-6$ 的比例为 1:4,规定婴儿 LA/ALA 为 5:1~15:1。而美国规

定成年男性 LA 摄入量为 14 g/d,ALA 摄入量为 1.6 g/d,LA/ALA 为 8.75:1,成年女性 LA 摄入量为 11 g/d,ALA 摄入量为 1.1 g/d,LA/ALA 为 10:1^[55]。

表 2 数据代表了营养指南和建议,强调健康饮食中膳食脂肪的数量和质量的相关性。粮农组织/世卫组织推荐摄入总脂肪和饱和脂肪酸的最佳限度

通常分别设定在总能量的30%~35%和10%以下。粮农组织/世卫组织和欧盟对于单不饱和脂肪酸(MUFA)的摄入量,通常不提供具体的指标,因为它

们通常被认为对心血管风险有中性影响,而总PUFA($\omega-3$ 和 $\omega-6$)的推荐摄入量在能量的6%~11%之间。

表2 关于成年人总脂肪和脂肪酸摄入量的建议

项目	FAO/WHO	欧盟	北欧国家	中国	美国	法国
总脂肪/% ^a	<30~35	20~35	25~40	20~30	20~35	35~40
饱和脂肪酸/% ^a	<10	尽可能低	<10	<10	<10	<12
反式脂肪酸/% ^a	<1	尽可能低	尽可能低		尽可能低	<2
MUFA/% ^a	没有具体建议 ^b	没有具体建议 ^b	10~20			15~20(油酸)
PUFA/% ^a	6~11		5~10			
$\omega-6$ PUFA/% ^a				2.5~9.0		
LA/% ^a	≥ 2.5	≥ 4		4	5~10	≥ 4
$\omega-3$ PUFA/% ^a	0.5~2.0		≥ 1	0.5~2.0		
ALA/% ^a	≥ 0.5	≥ 0.5	≥ 0.5	0.60	0.6~1.2	≥ 1
DHA + EPA/(mg/d)	250	≥ 250	200~250	250~2 000		$\geq (250 + 250)$

注:a.为占总能量的比例;b.单不饱和脂肪酸在体内合成,在预防或促进与膳食有关的疾病方面没有已知作用,并且不是必不可少的膳食成分。

6 结语

现有的数据表明,膳食摄入和血液中PUFA浓度与CVD风险呈负相关,膳食摄入PUFA可预防并降低CVD风险,但仍需更精确的随机临床研究和更长的随访时间,提供更多关于PUFA的潜在作用的明确信息。目前, $\omega-6$ PUFA在日常食用的植物油中含量非常丰富,通过日常的饮食即可获得足量的 $\omega-6$ PUFA,而 $\omega-3$ PUFA在日常饮食中摄入量常常是不够的,需要着重选择含量较高的植物油、海洋鱼类和鱼油进行补充。

参考文献:

- [1] BENJAMIN E J, BLAHA M J, CHIUVE S E, et al. Heart disease and stroke statistics—2017 update: a report from the American heart association[J]. Circulation, 2017, 135(10):e146-e603.
- [2] NOMIN ERDENE T. 世界卫生组织西太平洋地区心血管疾病的主要危险因素分析[D]. 辽宁 大连:大连医科大学, 2018.
- [3] KIMURA N, KEYS A. Coronary heart disease in seven countries. X. rural southern Japan[J]. Circulation, 1970, 41(4 Suppl):101-112.
- [4] KEYS A, MICKELSEN O, MILLER E V O, et al. The relation in man between cholesterol levels in the diet and in the blood[J]. Science, 1950, 112(2899):79-81.
- [5] HOOPER L, MARTIN N, ABDELHAMID A, et al. Reduction in saturated fat intake for cardiovascular disease [J/OL]. Cochrane Database Syst Rev, 2015, 6(6): CD011737[2020-05-16]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26068959/>.
- [6] 蒋瑜,熊文珂,殷俊玲,等. 膳食中 $\omega-3$ 和 $\omega-6$ 多不

饱和脂肪酸摄入与心血管健康的研究进展[J]. 粮食与油脂, 2016, 29(11):1-5.

- [7] GOYENS P L, SPILKER M E, ZOCC P L. Compartmental modeling to quantify α -linolenic acid conversion after longer term intake of multiple tracer boluses [J]. J Lipid Res, 2005, 46(7):1474-1483.
- [8] YAGI S, FUKUDA D, AIHARA K I, et al. $n-3$ Polyunsaturated fatty acids: promising nutrients for preventing cardiovascular disease [J]. J Atheroscler Thromb, 2017, 24(10):999-1010.
- [9] RISE P, GHEZZI S, PRIORI I, et al. Differential modulation by simvastatin of the metabolic pathways in the $n-9$, $n-6$ and $n-3$ fatty acid series, in human monocytic and hepatocytic cell lines [J]. Biochem Pharmacol, 2005, 69:1095-1100.
- [10] MARANGONI F, COLOMBO C, DE ANGELIS L, et al. Cigarette smoke negatively and dose-dependently affects the biosynthetic pathway of the $n-3$ polyunsaturated fatty acid series in human mammary epithelial cells [J]. Lipids, 2004, 39:633-637.
- [11] MORRIS M C, SACKS F, ROSNER B. Does fish-oil lower blood-pressure? A meta-analysis of controlled trials[J]. Circulation, 1993, 88(2):523-533.
- [12] APPEL L J, MILLER E R, SEIDLER A J, et al. Does supplementation of diet with 'fish oil' reduce blood pressure? A meta-analysis of controlled clinical trials [J]. Arch Intern Med, 1993, 153(12):1429-1438.
- [13] GELEIJNSE J M, GILTAY E J, GROBBEE D E, et al. Blood pressure response to fish oil supplementation: metaregression analysis of randomized trials [J]. J Hypertens, 2002, 20(8):1493-1499.

- [14] MILLER P E, VAN E N, ALEXANDER D D. Long - chain *omega* - 3 fatty acids eicosapentaenoic acid and docosahexaenoic acid and blood pressure: a meta - analysis of randomized controlled trials [J]. *Am J Hypertens*, 2014, 27 (7):885 - 896.
- [15] STANLER J, ROSE G, STAMLER R, et al. Intersalt study findings. Public health and medical care implications[J]. *Hypertension*, 1989, 14 (5): 570 - 577.
- [16] MIURA K, STAMLER J, NAKAGAWA H, et al. Relationship of dietary linoleic acid to blood pressure the international study of macro - micronutrients and blood pressure study [J]. *Hypertension*, 2008, 52:408 - 414.
- [17] LEE H, LENA A K, ABDELHAMID A S, et al. *Omega* - 6 fats for the primary and secondary prevention of cardiovascular disease [J/OL]. *Cochrane Database Syst Rev*, 2018, 7: CD011094 [2020 - 05 - 16]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30488422/>.
- [18] VAFEIADOU K, WEECH M, ALTOWAIJRI H, et al. Replacement of saturated with unsaturated fats had no impact on vascular function but beneficial effects on lipid biomarkers, E - selectin, and blood pressure: results from the randomized, controlled dietary intervention and vascular function (DIVAS) study[J]. *Am J Clin Nutr*, 2015, 102:40 - 48.
- [19] SASAKI J, YOKOYAMA M, MATSUZAKI M, et al. Relationship between coronary artery disease and non - HDL - C, and effect of highly purified EPA on the risk of coronary artery disease in hypercholesterolemic patients treated with statins: sub - analysis of the Japan EPA lipid intervention study (JELIS) [J]. *J Atheroscler Thromb*, 2012, 19 (2):194 - 204.
- [20] 李斌, 米树华. ω - 3 和 ω - 6 多不饱和脂肪酸对血脂代谢影响及相关机制 [J]. *中国医药*, 2013, 8 (5): 710 - 712.
- [21] HOKANSON J E, AUSTIN M A. Plasma triglyceride level is a risk factor for cardiovascular disease independent of high density lipoprotein cholesterol level: a meta - analysis of population - based prospective studies [J]. *J Cardiovasc Risk*, 1996, 3(2): 213 - 219.
- [22] MORI T A. Dietary *n* - 3 PUFA and CVD: a review of the evidence [J]. *Proc Nutr Soc*, 2014, 73: 57 - 64.
- [23] CHAN D C, WATTS G F, MORI T A, et al. Factorial study of the effects of atorvastatin and fish oil on dyslipidaemia in visceral obesity [J]. *Eur J Clin Invest*, 2002, 32 (6):429 - 436.
- [24] DEKKER J M, CROW R S, FOLSOM A R, et al. Low heart rate variability in a 2 - minute rhythm strip predicts risk of coronary heart disease and mortality from several causes—the ARIC study [J]. *Circulation*, 2000, 102 (11):1239 - 1244.
- [25] RIDKER P M, EVERETT B M, THUREN T, et al. Antiinflammatory therapy with canakinumab for atherosclerotic disease [J]. *N Engl J Med*, 2017, 377: 1119 - 1131.
- [26] CALDER P C. *Omega* - 3 polyunsaturated fatty acids and inflammatory processes: nutrition or pharmacology? [J]. *Br J Clin Pharmacol*, 2013, 75 (3): 645 - 662.
- [27] DE CATERINA R, LIAO J K, LIBBY P. Fatty acid modulation of endothelial activation [J]. *Am J Clin Nutr*, 2000, 71 (1):213s - 223s.
- [28] BERSCH - FERREIRA A C, SAMPAIO G R, GEHRINGER M O, et al. Association between polyunsaturated fatty acids and inflammatory markers in patients in secondary prevention of cardiovascular disease [J]. *Nutrition*, 2017, 37:30 - 36.
- [29] VIRTANEN J K, MURSU J, VOUTILAINEN S, et al. The associations of serum *n* - 6 polyunsaturated fatty acids with serum C - reactive protein in men: the Kuopio ischaemic heart disease risk factor study [J]. *Eur J Clin Nutr*, 2018, 72:342 - 348.
- [30] JOHNSON G H, FRITSCHKE K. Effect of dietary linoleic acid on markers of inflammation in healthy persons: a systematic review of randomized controlled trials [J]. *J Acad Nutr Diet*, 2012, 112:1029 - 1041.
- [31] HEINER C B, PETER H, CHRISTIAN S, et al. *n* - 3 polyunsaturated fatty acids in coronary heart disease: a meta - analysis of randomized controlled trials [J]. *Am J Med*, 2002, 112(4):298 - 304.
- [32] MAKI K C, PALACIOS O M, BELL M, et al. Use of supplemental long - chain *omega* - 3 fatty acids and risk for cardiac death: an updated meta - analysis and review of research gaps [J]. *J Clin Lipidol*, 2017, 11 (5): 1152 - 1160.
- [33] GOBBO L C D, IMAMURA F, ASLIBEKYAN S, et al. ω - 3 polyunsaturated fatty acid biomarkers and coronary heart disease: pooling project of 19 cohort studies [J]. *JAMA Intern Med*, 2016, 176(8):1155 - 1166.
- [34] O'KEEFE J H, JACOB D, LAVIE C. *Omega* - 3 fatty acid therapy: the tide turns for a fish story [J]. *Mayo Clin Proc*, 2017, 92(1):1 - 3.
- [35] MOZAFFARIAN D, RIMM E B. Fish intake, contaminants, and human health; evaluating the risks and the benefits [J]. *J Am Med Assoc*, 2006, 296(15):1885 - 1899.
- [36] MARKLUND M, WU J H Y, IMAMURA F, et al. Biomarkers of dietary *omega* - 6 fatty acids and incident cardiovascular disease and mortality [J]. *Circulation*, 2019, 139(21):2422 - 2436.
- [37] WU J H Y, MARKLUND M, IMAMURA F, et al.

- Omega* - 6 fatty acid biomarkers and incident type 2 diabetes; pooled analysis of individual - level data for 39 740 adults from 20 prospective cohort studies [J]. *Lancet Diabetes Endocrinol*, 2017, 5(12):965 - 974.
- [39] FARVID M S, DING M, PAN A, et al. Dietary linoleic acid and risk of coronary heart disease: a systematic review and meta - analysis of prospective cohort studies [J]. *Circulation*, 2014, 130(18):1568 - 1578.
- [40] CHEN M, LI Y, SUN Q, et al. Dairy fat and risk of cardiovascular disease in 3 cohorts of US adults[J]. *Am J Clin Nutr*, 2016, 104(5):1209 - 1217.
- [41] MOZAFFARIAN D, MICHA R, WALLACE S, et al. Effects on coronary heart disease of increasing polyunsaturated fat in place of saturated fat: a systematic review and meta - analysis of randomized controlled trials[J/OL]. *PLoS Med*, 2010, 7(3):e1000252[2020 - 05 - 16]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20351774/>.
- [42] SACKS F M, LICHTENSTEIN A H, WU J H Y, et al. Dietary fats and cardiovascular disease: a presidential advisory from the American heart association [J]. *Circulation*, 2017, 136:e1 - e23.
- [43] YANG L, SONG Z, CAO W, et al. Effects of diets with different *n* - 6/*n* - 3 fatty acids on cardiovascular risk factors in mice fed high - fat diets[J]. *J Hyg Res*, 2016, 45(3):436 - 441.
- [44] RUBY G, RAMAKRISHNAN L, RANSI A A, et al. Serum *omega* - 6/*omega* - 3 ratio and risk markers for cardiovascular disease in an industrial population of delhi [J]. *Food Nutr Sci*, 2013, 4(9):94 - 97.
- [45] ARTEMIS P S. The importance of the *omega* - 6/*omega* - 3 fatty acid ratio in cardiovascular disease and other chronic diseases [J]. *Exp Biol Med*, 2008, 233(6):674 - 688.
- [46] KIM D E, SHANG X, ASSEFA A D, et al. Metabolite profiling of green, green/red, and red lettuce cultivars; variation in health beneficial compounds and antioxidant potential[J]. *Food Res Int*, 2018, 105:361 - 370.
- [47] PARMENTIER M, MAHMOUD C A S, LINDER M, et al. Polar lipids; *n* - 3 PUFA carriers for membranes and brain; nutritional interest and emerging processes[J]. *Oil Corps Gras Lipides*, 2007, 14:224 - 229.
- [48] SUBBIAH P V, DAMMANAHALLI K J, YANG P, et al. Enhanced incorporation of dietary DHA into lymph phospholipids by altering its molecular carrier [J]. *Biochim Biophys Acta Mol Cell Biol Lipids*, 2016, 1861:723 - 729.
- [49] Fats and fatty acids in human nutrition. Report of an expert consultation [J]. *FAO Food Nutr Pap*, 2010, 91:1 - 166.
- [50] Dietary reference values for nutrients summary report [R/OL]. (2017 - 12 - 08)[2020 - 05 - 16]. <https://efsa-online-library.wiley.com/doi/epdf/10.2903/sp.efsa.2017.e15121>.
- [51] Nordic Council of Ministers. Nordic nutrition recommendations 2012 [M]. Fifth ed. Helsinki, Finland: Narayana Press, 2014.
- [52] 中国营养学会. 中国居民膳食营养素参考摄入量:第1部分 宏量营养素: WS/T 578.1—2017 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2017:9.
- [53] OTTEN J J, HELLWIG J P, MEYERS L D. Dietary reference intakes; the essential guide to nutrient requirements [M]. Washington DC: The National Academics Press, 2006.
- [54] ANSES. Actualisation des apports nutritionnels conseillés pour les acides gras [EB/OL]. [2020 - 05 - 16]. [https://www.yumpu.com/fr/document/read/5251376/actualisation - des - apports - nutritionnels - conseilles - pour - les - acides - gras](https://www.yumpu.com/fr/document/read/5251376/actualisation-des-apports-nutritionnels-conseilles-pour-les-acides-gras).
- [55] 陈蝶玲, 黄巍峰, 郑晓辉, 等. *n* - 3 系多不饱和脂肪酸膳食参考摄入量的研究进展 [J]. *食品工业科技*, 2015, 36(11):378 - 388.