DOI:10.3969/j.issn.1005-6521.2013.20.037

南极磷虾油对人类健康的作用

贺瑞坤[1],罗海吉[2]

(1. 汤臣倍健股份有限公司 技术研发中心,广东 广州 510663;
2. 南方医科大学 公共卫生与热带医学学院营 养与食品卫生学系,广东 广州 510515)

摘 要:综述了近年来国内外在南极磷虾油保护心脑血管健康、治疗慢性炎症及关节炎、对抗经前综合症、改善记忆力及控制血糖等方面的研究进展,揭示了南极磷虾油特有的磷脂 ω-3 脂肪酸对人体健康具有重要的作用,南极磷虾油在国内功能性营养食品产业发展方面具有良好的发展前景。

关键词:南极磷虾油;磷脂;ω-3脂肪酸;健康作用

Health Benefits of Antarctic Krill Oil

HE Rui-kun[1], LUO Hai-ji[2]

(1. Research and Development Center, By-health Co., Ltd., Guangzhou 510663, Guangdong, China; 2. Department of Nutrition and Food Hygiene, College of Public Health and Tropical Medicine, Southern Medical University, Guangzhou 510515, Guangdong, China)

Abstract: In recent years, Antarctic krill oil has been scientifically proven with thorough preclinical and clinical studies. Antarctic krill oil was safe for chronic use and effective for the management of dyslipidemia, chronic inflammatory conditions, premenstrual syndrome, cognitive disorders and diabetes. Omega-3 fatty acids in Antarctic krill oil is linked to phospholipids, the structure of this molecule plays an important role on human health. Antarctic krill oil has good prospects in functional nutritional food industry.

Key words: Antarctic krill oil; phospholipids; omega-3 fatty acids; health benefits

南极磷虾通常指的是南极大磷虾(*Euphausua superba*),是一种状似小虾的甲壳类动物,表皮呈现银蓝色光泽,其体长一般在 5.6 cm~6.0 cm,是地球上数量最大、繁衍最成功的单种生物资源之一,其寿命 5 年~10 年,是南极最重要的生物,也是南极许多掠食者赖以生存的天然有机食物[1-2]。海洋生态学者们认为南极磷虾的年产量大约几亿吨,其中 8 500 万 t 被须鲸吃掉,南极海洋生物资源保护协会(Convention for the Conservation of Antarctic Marine Living Resources,CCAMLR)允许的磷虾的年捕捞量仅相当于须鲸所消耗的 1/12,也就是 8.33 %。事实上,在 2004 年~2006 年之间,人们所捕捞的磷虾的数量仅为每年 127 000 t,仅相当于须鲸每年磷虾消耗量的 0.15 %,也就是大约 1/670。在全球渔业资源衰退,大多数海洋渔业品种被过度捕捞的大背景下,南极磷虾巨大的资源量越来越引人关注。南极磷虾油是由南极磷虾提炼而成,国内外许多基础及临床研究证实南极磷虾油对慢性病具有安全的长期疗效,对血脂异常、慢性炎症和认知障碍都有有效的疗效[3]。本文拟就南极磷虾油 ω-3 脂肪酸对人体健康方面的研究进展作一综述。

1 南极磷虾油 ω-3 脂肪酸结构特征及生物利用度

现有研究已证明南极磷虾油富含多种不饱和脂肪酸,含有丰富的二十碳五烯酸(EPA)、二十二碳六烯酸(DHA)、磷脂、类黄酮、V_A、V_E、虾青素等,其中长链 ω-3 多不饱和脂肪酸 EPA 和 DHA 含量很高[4],通过 GC-MS 分析,EPA 和 DHA 的含量高达 15.86 %[5]。不同于鱼油和鱼肝油 ω-3 甘油三酯形式[6],南极磷虾油的 ω-3 脂肪酸附着于磷脂上(图 1),这种生物活性复合分子在通过胃后就可直接进入小肠完全吸收,增加了

作者简介:贺瑞坤(1983—),女(汉),博士,研究方向:植物化学及分子生物学。

© 1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

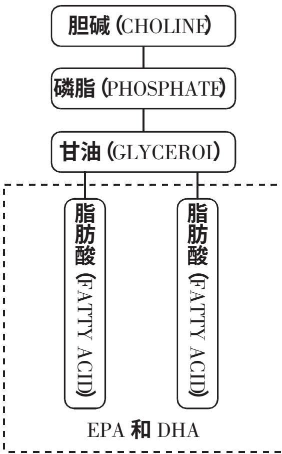

图 1 磷虾油 ω-3 磷脂复合体结构示意图[6]

Fig.1 Schematic of Omega-3 present in Antarctic krill oil

生物利用度，并最终提高了 ω-3：ω-6 脂肪酸比例[7]。而且南极磷虾油所固有的天然的强抗氧化剂虾青素也附着于磷脂，从而产生了更加稳定的持久的抗氧化效力[8]。根据实验显示，南极磷虾油生物活性复合子的生物利用度为 95 %~98 %，而鱼油的生物利用度仅 61 %~64 %，主要原因是南极磷虾油含的是磷脂脂肪酸，而鱼油含的几乎是 100 %的甘油三酯[9-10]。此外，Maki 等利用南极磷虾油对肥胖人群进行实验，发现磷虾油能增加肥胖人群血液中 EPA 和 DHA 的浓度。在连续服用磷虾油（2 g/d）4 周的人血浆中 EPA 和 DHA 的浓度较之未服用增幅为 178 μmol 和 90 μmol，明显高于服用鲱鱼油（2 g/d）及服用橄榄油（2 g/d）的增幅，说明了磷虾油在人体中具有很好的吸收性；且经测定，磷虾油没有产生任何毒副作用[11]。

2 对人类健康作用研究进展

早期对南极磷虾油的研究，只有 Chandrasekar 等[12]在 1996 年利用磷虾油代替鱼油，研究自身免疫性狼疮鼠的转移生长因子（TGFβ1）组织特异性，结果表明磷虾油可抑制自身免疫性疾病的发生。随着南极磷虾开发不断深入，人们对南极磷虾油的成分和功能的研究越来越多。

2.1 对循环系统健康的作用

循环系统的健康是大脑健康的根本。血脂异常，包括：低密度脂蛋白胆固醇（LDL-C）、血清总胆固醇（TC）升高，高密度脂蛋白胆固醇（HDL-C）降低及甘油三酯（TG）升高等方面，不仅会增加心血管疾病的发病率和死亡率，而且会使认知能力下降。对高脂模型大鼠喂食磷虾油，根据人体日推荐量的 5、10、30、60 倍设低（L）、中（M）、高（H）和更高（HH）剂量组，另设高脂模型对照组（HLC），28 d 后与对照组相比，各剂量组大鼠血清 TC、TG、LDL-C、均显著降低（P<0.05），该研究结果表明磷虾油能有效降低血脂，对冠心病、动脉粥样硬化等疾病有预防作用[4]。另有研究证明南极磷虾油能显著降低高脂血症大鼠动脉粥样硬化指数（AI），具有调血脂的作用，其抵抗动脉粥状硬化方面的作用优于深海鱼油；此外南极磷虾油可提高大鼠血清中一氧化氮（NO）含量，提高超氧化物歧化酶（SOD）和谷胱甘肽过氧化物酶（GSH-PX）活性，降低 MDA 含量，具有抗氧化作用[13]。

Bunea 等[14]在临床治疗中评估了南极磷虾油降血脂的效果，具体包括总胆固醇、甘油三酯、低密度脂蛋白、高密度脂蛋白。结果发现高血脂症患者每天服用 1 g~3 g 南极磷虾油的研究对象与服用普通虾油的研究对象相比，在降低总胆固醇、甘油三酯、低密度脂蛋白和葡萄糖指标，升高高密度脂蛋白方面都有更加显著的疗效；与普通鱼油相同剂量或低于普通鱼油剂量的南极磷虾油对高血脂症的疗效显著，在降低三酸甘油酯、低密度脂蛋白和葡萄糖方面的效果远远高出普通鱼油。已有大量的科学证据表明高密度脂蛋白（HDL）对心血管具有保护作用，如 HDL 可促进胆固醇逆向转运，促进细胞内的胆固醇向细胞外迁移[15]；调节血栓，可以使血栓调节蛋白的含量增加进而表现出抗栓效果[16]。南极磷虾油独特的分子组成、丰富的磷脂和抗氧化剂使其对高血脂症有明显的疗效。

2.2 对慢性炎症以及关节病症的作用

C-反应蛋白（CRP），是根据其测定方法更敏感而命名的。CRP 是血浆蛋白的一种正常成分，在正常人血清中含量极微，当机体存在炎症或组织损伤时，CRP 受多种细胞因子如白细胞介素-1（IL-1）、IL-6、肿瘤坏死因子-α（TNF-α）等的调节和诱导，主要由肝细胞合成和分泌，是一种主要的急性时相反应蛋白，是临床上最广泛使用的系统性炎症的标志物[17]。

多伦多大学健康网络行为科学与健康研究部的研究人员评估南极磷虾油对慢性炎症患者体内的 C-反应蛋白的影响以及南极磷虾油对关节病症的疗效。该研究结果很显然地表明，每天服用 300 mg 的南极磷虾油，经过 7 d 的短期疗程，CRP 值降低 19.3 %，而未服用南极磷虾油的对照组，CRP 值增加 15.7 %；服用南极磷虾油 7d 后，疼痛值降低 28.9 %（P=0.050）、关节僵硬度降低 20.3 %（P=0.001）、关节功能障碍降低 22.8 %（P=0.008），上述研究结果说明服用南极磷虾油可很大程度上对慢性炎症和关节病症产生明显的疗

© 1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

效[18]。而鱼油的类似研究结果表明,鱼油并不能降低与炎症相关的 C-反应蛋白(CRP)值[19]。

多不饱和脂肪酸在体内的平衡,是维护细胞膜健康和激素调节的关键。长链 ω-6 脂肪酸,如花生四烯酸,可以促进促炎性-2 型前列腺素(PGE2)的生成,而 ω-3 脂肪酸则促进抗发炎前列腺素的生成[20]。南极磷虾油中 ω-3 脂肪酸含量远高于 ω-6 脂肪酸,可平衡人体对 ω-6 的吸收,减少 ω-6 在体内的积累,有效抑制发炎。此外,南极磷虾油中含有虾青素,已有研究证明虾青素可能具有消炎作用[21]。

2.3 对经前综合症和经前情绪障碍的作用

采用双盲、随机临床试验分别使用南极磷虾油和 ω-3 鱼油对 70 名育龄经前综合征患者进行为期 3 个月的治疗,从而比较南极磷虾油和含 ω-3 鱼油治疗经前综合征和经前情绪障碍的疗效。在 70 名被研究的对象中,在 3 轮或 45 d 和 90 d 的治疗之后的数据分析显示,南极磷虾油服用者在痛经和情绪不稳等方面都得到了明显地改善,对镇痛药物的依赖也明显减少;同时对服用南极磷虾油和服用 ω-3 的两组患者进行了比较,结果南极磷虾油服用者比服用 ω-3 鱼油的患者服用镇痛药的药量大幅度减少;南极磷虾油对经前综合症和经前情绪障碍有明显的疗效,并且对经前综合症和经前情绪障碍的疗效明显大于 ω-3 鱼油[22]。

有研究表明脑磷脂中长链 ω-3 DHA 的含量特别高,并且长链 ω-3 DHA 与大脑功能紧密相关[23-24]。磷虾油对经前情绪障碍的有效缓解作用可能与磷虾油中长链 ω-3 多不饱和脂肪酸 EPA 和 DHA 含量很高有关。此外,磷脂分子在细胞膜流动性方面发挥重要作用,因而可能会在缓解情绪症状中同样发挥积极作用。

2.4 对改善记忆力的作用

采用 Morris 水迷宫法及 Y-型迷宫刺激法观察,比较南极磷虾油和深海鱼油对大鼠学习记忆能力的作用。Morris 水迷宫实验显示南极磷虾油能够显著减少大鼠寻找平台潜伏期时间并且增加垮台次数和目标区域游泳时间所占比例($P<0.05$ 或 $P<0.01$);Y-型迷宫刺激实验表明南极磷虾油能够显著减少大鼠达标所需次数,显著提高 48 h 后的实验正确率($P<0.05$ 或 $P<0.01$)[25]。根据《保健食品功能学评价程序和检测方法》[26],可以认为南极磷虾油具有一定改善大鼠学习记忆的功效且效果优于深海鱼油,与脑康复作用相当。深层原因可能与磷虾油能透过大鼠脑血屏障,增加大鼠脑内 DHA 含量有一定关系。Marzo 等研究发现,在相同条件下用 n-3 长链多不饱和脂肪酸含量相对较低的鱼油和磷虾油喂养肥胖 Zucker 大鼠,其中鱼油和磷虾油中 EPA 和 DHA 含量相同。4 周后,不管是鱼油还是磷虾油均可影响肥胖 Zucker 大鼠脑内长链多不饱和脂肪酸和内源性大麻素样物质,但只有磷虾油可显著增加脑磷脂 DHA 水平[27]。

2.5 对降血糖及改善糖尿病的作用

南极磷虾油富含虾青素、磷脂、ω-3 多不饱和脂肪酸等,这些活性物质通过多种分子机制改善糖尿病,特别是 2 型糖尿病的糖代谢、脂质代谢等,提高胰岛素敏感性,从而有利于防治糖尿病及其并发症[28-29]。临床试验证明高血糖患者持续服用南极磷虾油软胶囊,期间未服用降糖药物及其他药物,45 d 后复查空腹血糖值从偏高的 7.3 mmol/L 降低至 6.7 mmol/L,且停用后血糖未出现升高迹象,未发生任何副作用[30]。国外也有南极磷虾油具有改善血糖水平的类似研究:25 名高血糖患者每天服用 1 g 和 1.5 g 南极磷虾油,血糖水平可降低 6.3 %(即从 105 mg/dL 降至 98 mg/dL);每天服用 2 g 或 3 g,血糖水平可降低 5.6 %(即从 92 mg/dL 降至 88 mg/dL);若坚持持续每天服用 500 mg,可使血糖维持在一个相对稳定的水平[2]。此外,服用南极磷虾油可明显降低空腹血糖值,血清脂联素水平增加,从而降低胰岛素的抵抗性[31]。

3 结语

在过去的几十年中,纯天然食品的保健成分已经赢得科学家们和行业的广泛认知和兴趣。由于不断增多的与合成药物有关的不良事件的发生,人们越来越多的开始探索天然食物有效成分对防治疾病的作用和机理。国内外大量研究证实南极磷虾油在辅助治疗心脑血管疾病、糖尿病、减少关节炎症状、缓解经期综合症和痛经、抗氧化等方面具有安全可靠的效力。南极磷虾油在国内功能性营养食品产业发展方面具有良好的发展前景。

参考文献:

[1] Kockl KH, Reid K, Croxall J, et al. Fisheries in the Southern Ocean: an ecosystem approach [J]. Philosophical transactions of the royal society of London series B-biological sciences, 2007, 362(1488): 2333-2349

[2] 黄洪亮, 陈雪忠, 冯春雷. 南极磷虾资源开发现状分析[J]. 渔业现代化, 2007, 34(1): 48-51

[3] Massrieh W. Health benefits of omega-3 fatty acids from Neptune krill oil[J]. Lipid technology, 2008, 20(5): 108-111

[4] Savage GP, Foulds MJ. Chemical composition and nutritive value of

© 1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

antarctic krill (Euphausia superba) and southern blue whiting (Micromesistius australis)[J]. New Zealand journal of marine and freshwater research, 1987, 21(4): 599–604
[5] 施佳慧, 吕桂善, 徐同成, 等. 磷虾油的脂肪酸成分及其降血脂功能研究[J]. 营养学报, 2008, 30(1): 115–116
[6] 张天民, 郭学平, 荣晓花. 鱼油多不饱和脂肪酸的制备方法[J]. 中国海洋药物, 2005, 24(1): 43–45
[7] Werner A, Havinga R, Kuipers F, et al. Treatment of EFA deficiency with dietary triglycerides or phospholipids in a murine model of extrahepatic cholestasis[J]. American journal of physiology, 2004, 286 (5): 822–832
[8] Kidd PM. Omega–3 DHA and EPA for cognition, behavior, and mood: clinical findings and structural–functional synergies with cell membrane phospholipids[J]. Alternative medicine review, 2007, 12 (3): 207–227
[9] Ulven S M, Kirkhus B, Lamglait A, et al. Metabolic effects of krill oil are essentially similar to those of fish oil but at lower dose of EPA and DHA, in healthy volunteers[J]. Lipids, 2011, 46(1): 37–46
[10] Schuchardt J P, Schneider I, Meyer H, et al. Incorporation of EPA and DHA into plasma phospholipids in response to different omega–3 fatty acid formulations – a comparative bioavailability study of fish oil vs. krill oil[J]. Lipids in health and disease, 2011, 10(1): 145
[11] Maki K C, Reeves M S, Farmer F, et al. Krill oil supplementation increases plasma concentrations of eicosapentaenoic and docosahexaenoic acids in overweight and obese men and women [J]. Nutrition research, 2009, 29(9): 609–615
[12] Chandrasekar B, Troyer D A, Venkatraman J T, et al. Tissue specific regulation of transforming growth factor beta by omega–3 lipid–rich krill oil in autoimmune murine lupus[J]. Nutrition research, 1996, 16 (3): 489–503
[13] 王亚恩, 姜国良, 徐恺, 等. 南极磷虾油对高脂血症大鼠血脂和抗氧化力的影响 [J]. 中国海洋药物杂志, 2011, 30(3): 56–59
[14] Bunea R, Farrah K EI, Deutsch L. Evaluation of the effects of Neptune krill oil on the clinical course of hyperlipidemia[J]. Alternative medicine review, 2004, 9(4): 420–428
[15] Lee MH, Hammad SM, Semler AJ,et al. HDL3,but not HDL2,stimulates plasminogen activator inhibitor–1 release from adipocytes: the role of sphingosine–1–phosphate [J]. The journal of lipid research, 2010, 51(9): 2619–2628
[16] 路英杰, 杨雪, 张旭昌. 高密度脂蛋白与心血管保护的研究进展[J]. 心脏杂志, 2012, 24(1): 120–122
[17] 喻少波, 王晋平, 居军. 超敏 C 反应蛋白与类风湿关节炎、骨关节炎关系的探讨 [J]. 临床荟萃, 2007, 22(3): 180–182
[18] Deutsch L. Evaluation of the effect of Neptune krill oil on chronic inflammation and arthritic symptoms[J]. Journal of the American college of nutrition, 2007, 26(1): 39–48
[19] Balk EM, Lichtenstein AH, Chung M, et al. Effects of omega–3 fatty acids on serum markers of cardiovascular disease risk: a systematic review[J]. Atherosclerosis, 2006, 189(1): 19–30
[20] Roberts W L, Moulton L, Law TC, et al. Evaluation of nine automated high–sensitivity C–reactive protein methods: implications for clinical and epidemiological applications[J]. Clinical chemistry, 2001, 47(3): 418–425
[21] Kazuhiro O, Kenji S, SatoshiK. Effects of astaxanthin on lipopolysaccharide–induced inflammation in vitro and in vivo[J]. Association for research in vision and ophthalmology, 2003,44(6): 2694–2701
[22] Sampalis F, Bunea R, Pelland MF, et al. Evaluation of the effects of krill oil on the management of premenstrual syndrome[J]. Alternative medicine review, 2003, 8(2): 171–179
[23] Salem N JR, Niebylski CD. The nervous system has an absolute molecular species requirement for proper function[J]. Molecular membrane biology, 1995, 12(1): 131–134
[24] Hirata F, Axelrod J. Phospholipid methylation and biological signal transmission[J]. Science, 1980, 209(4461): 1082–1090
[25] 刘云, 王亚恩, 李立德, 等. 南极磷虾油改善大鼠学习记忆能力研究[J]. 食品科学, 2011, 32(15): 273–276
[26] 中华人民共和国卫生部. 卫法监发[2003]42 号 保健食品检验与评价技术规范 [S]. 卫生部卫生法制与监督司编印, 2003:58
[27] Marzo V D, Griinari M, Carta G, et al. Dietary krill oil increases docosahexaenoic acid and reduces 2–arachidonoylglycerol but not N–acylethanolamine levels in the brain of obese Zucker rats[J]. International dairy journal, 2010, 20(4): 231–235
[28] 宋迪, 范宁宁, 赵福江, 等. 南极磷虾油对 2 型糖尿病防治作用研究进展[J]. 中国卫生产业, 2012, 8(12): 171–172
[29] 陈志强, 任璐, 江慎华, 等. 虾青素降血糖作用的研究[J] .食品科学, 2008, 29(7): 402–404
[30] 宋迪, 赵福江, 吴延青. 南极磷虾油软胶囊降血糖效果观察 1 例[J]. 中外妇儿健康, 2011, 19(6): 11
[31] Sally T, Rosanna WS. Chung, Elaine W, et al. Dietary krill oil supplementation reduces hepatic steatosis, glycemia, and hypercholesterolemia in high–fat–fed mice[J]. Journal of agricultural and food chemistry, 2009, 57: 9339–9345

收稿日期:2012–09–14

© 1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net