DOI：10.12287/j.issn.2096-8965.20250109

营养因素影响儿童性早熟的研究进展

汪晓语[1,2]，陈梦雪[1,2]，周嗣全[3]，徐裕杰[1,2]，熊静远[3]，成果[1,2]*

（1.四川大学华西第二医院妇儿营养中心，四川 成都 610041；
2.四川大学华西第二医院出生缺陷与相关妇儿疾病教育部重点实验室，四川 成都 610041；
3.四川大学华西公共卫生学院/华西第四医院，四川 成都 610041）

【摘要】性早熟是指儿童在特定年龄界限之前出现青春期发育的现象，对儿童生长发育及成年期健康状况均会产生不良影响。营养作为重要可控因素，其在性早熟发病机制中的作用日益受到关注。本文旨在综述营养因素影响性早熟的最新研究进展，探讨生命早期营养、儿童期膳食模式、食物组及各类营养素摄入与性发育年龄的关联，以期为儿童性早熟营养干预提供科学依据和策略方向。

【关键词】性早熟；营养；膳食模式

中图分类号：R151.4+1，R585　　**文献标识码：**A　　**文章编号：**2096-8965（2025）01-0062-06

Research progress on effect of nutritional factors on precocious puberty in children

Wang Xiaoyu[1,2], Chen Mengxue[1,2], Zhou Siquan[3], Xu Yujie[1,2], Xiong Jingyuan[3], Cheng Guo[1,2]*

(1. Maternal and Child Nutrition Center, West China Second University Hospital, Sichuan University, Chengdu 610041, Sichuan, China;
2. Key Laboratory of Birth Defects and Related Diseases of Women and Children, Ministry of Education, West China Second University Hospital, Sichuan University, Chengdu 610041, Sichuan, China;
3. West China School of Public Health/West China Fourth Hospital, Sichuan University, Chengdu 610041, Sichuan, China)

【Abstract】Precocious puberty refers to the premature onset of pubertal development in children before a specific age threshold, which can adversely affect their growth and development, as well as their health in adulthood. Nutrition, as a key modifiable factor, is gaining increasing attention for its role in the pathogenesis of precocious puberty. This study aims to review the latest research progress on the effects of nutritional factors on precocious puberty, with a focus on the associations between early-life nutrition, childhood dietary patterns, food groups, and the intake of various nutrients with the age of sexual development. This review seeks to provide a scientific basis and strategic direction for nutritional interventions targeting precocious puberty in children.

【Keywords】Precocious puberty; Nutrition; Dietary patterns

收稿日期：2025-01-31；**修回日期：**2025-02-21

基金项目：国家自然科学基金青年基金项目（82304135）

通信作者：成　果（1980-），女，四川成都人，教授，博士研究生导师，主要从事营养与健康方面的研究，E-mail: gcheng@scu.edu.cn

0 前言

青春期是人类从儿童至成年过渡的关键阶段，涉及身体机能、第二性征和心理状况的全面变化。性早熟被定义为第二性征在儿童期异常提前发育的临床现象[1]，其发生是遗传、环境、生活习惯及心理等多种因素综合作用的结果。性早熟不仅对儿童体格发育和心理健康产生不良影响，还可能危害成年期生殖健康，同时增加肿瘤及代谢性疾病等多种疾病的发生风险[2-5]。因此，探究儿童性早熟的影响因素，建立有效的性早熟防治措施，对改善儿童身心健康、减轻其成年后疾病负担有重要意义。

1 性早熟的流行病学特征

性早熟的诊断标准因国家、地区而异，一般定义为儿童第二性征开始发育的年龄低于该国家或地区正常人群相应年龄中值或平均值2~2.5个标准差[6]。随着全球经济发展，儿童性早熟已成为严峻的公共卫生问题。自20世纪70年代起女童性发育开始的年龄平均每10年提前近3个月，男童的性发育年龄也显示出类似的趋势[7-9]。在中国，2009—2010年女童乳房发育Tanner 2期的中位时间为9.69岁，男童睾丸容积≥4 mL发生在11.25岁；2017—2019年女童乳房发育Tanner 2期、男童睾丸容积≥4 mL发生的时间分别提前至9.65岁和10.65岁，男童性发育提前趋势更明显[10]。

2 性早熟的危险因素

性早熟具有一定的家族聚集性，母亲初潮较早的女童发生性早熟的风险显著增加[11-12]；全基因组测序结果表明，遗传位点rs246185变异在儿童性早熟中具有关键作用[13]。营养不良、睡眠不佳、缺乏运动等[12,14-15]不良生活习惯是性早熟重要可控因素，其中营养状况备受关注[16-18]。研究[19]显示，生命早期和儿童时期的营养状况可以解释超20%的儿童青春期启动时间差异，这可能与早期体重迅速增加有关[20]。多项观察性研究和动物实验[16-20]也表明，能量不平衡、宏/微量营养素含量和膳食模式可能过早激活下丘脑–垂体–性腺轴而诱发性早熟。因此，下文将重点综述营养因素影响儿童性早熟的最新研究进展，为制定有效的营养干预策略提供理论依据。

3 生命早期营养影响性早熟的研究进展

孕期营养影响子代长期发育，孕期的营养不良或内分泌异常可能改变胎儿的激素环境，进而影响儿童期的性发育进程。目前该领域的流行病学研究较为有限。两项美国队列研究[21-22]表明，孕期超重/肥胖及孕期增重过多与子代月经初潮提前的风险增加有关，但另一项美国队列研究[23]则未发现显著关联。孕期不良代谢环境，如妊娠期糖尿病对子代性发育影响的研究较少，大部分研究[24-26]一致表明，暴露于高糖环境的男童和女童更早经历青春期发育，但也有研究[27]认为这一关联更多源于孕前体重和孕期肥胖的影响。

母乳喂养对儿童性早熟的影响存在争议。一项Meta分析的结果[15]提示，母乳喂养持续时间每增加1个月，月经初潮的时间会推迟0.31个月；而一项中国香港的出生队列研究[28]表明，母乳喂养持续时长与儿童性发育开始的年龄无关，这与在德国进行的队列研究[29]结论相符。此外，婴幼儿期的生长发育也与青春期发育相关。据报道，出生时为小于胎龄儿的女童为了实现生长追赶，在婴幼儿期及整个儿童期往往会注重营养的摄入，导致体重快速增长，因此更易出现性早熟[30]。

4 儿童期营养影响性早熟的研究进展

4.1 膳食模式

地中海饮食是指希腊、西班牙、法国和意大利南部等处于地中海沿岸的南欧各国以蔬菜、水果、鱼类、五谷杂粮、豆类和橄榄油为主的饮食模式。在美国9~10岁女童中开展的研究[31]表明，具有较高地中海饮食依从性的女童月经初潮时间提前的可能性较低。另有研究[32]显示，高脂饮食模式可能通过激活下丘脑–垂体–性腺轴促进儿童发生性早熟，但其机制仍需进一步探索。针对上海6~12岁儿童开展的研究[33]显示，以蔬菜、水果、红肉、白肉、水产和海鲜为主的传统饮食模式与性发育的时间无关联，而大量食用甜点、零食、软饮料和油炸食品的儿童发生性早熟的风险较高。中国15省（直辖市）儿童膳食数据[17]分析发现，对快餐、乳制品、水果和鸡蛋摄入量高，谷物、蔬菜和调味品摄入量低的膳食模式具有较高依从性，与较早的月经初潮发生有关。近年来，国内、外针对不同膳食模式与儿童性早熟的关系进行了广泛研究并取得一定成果，然而，膳食模式与性早熟发生的潜在机制仍需进一步探索。

4.2 食物组

4.2.1 肉类

美国一项针对5~12岁女童的队列研究[34]表明，

红肉摄入频率越高，其初潮年龄越早，每天食用红肉≥2次的女童月经初潮年龄提前风险是每周食用红肉<4次女童的1.64倍。墨西哥一项针对10~17岁男童的队列研究[35]表明，加工肉类摄入量与其睾丸发育提前呈正相关关系。中国成都市一项队列研究[36]显示，青春期男童总肉类及红肉平均每日摄入量与青春期发育程度呈正相关关系，儿童期总肉类平均每日摄入量越高的女童，出现月经初潮的年龄更早，与在中国12个省（直辖市）农村女童中所得结论一致[37]。肉类摄入过量导致儿童性早熟的潜在机制仍需进一步探索，且红肉、白肉以及加工肉类对于性早熟的影响有何差异也有待进一步研究。

4.2.2 乳类及乳制品

针对中国香港儿童的前瞻性研究[28]表明，儿童乳类摄入量与性发育时间无关，这一结论与在土耳其女童中的研究[38]一致。然而，在成都市学龄儿童中开展的研究[39]发现，儿童乳类摄入对性发育的影响存在性别差异，男童乳类摄入量与性发育进程呈正相关关系，而女童则相反。针对不同类型乳类及其制品与性早熟关系的研究尚未获得统一的结论：针对儿童期酸奶摄入与性早熟关系的Meta分析[15]显示，酸奶摄入量增加能够降低女童月经初潮提前的风险；智利女童的队列研究[40]发现，低脂乳制品、低脂牛奶以及酸奶摄入与较晚的月经初潮年龄和较小的乳腺纤维腺体体积相关；伊朗女童的队列研究[41]则提示酸奶、奶酪摄入量与初潮早发无关联。鉴于现有研究结论的不一致，关于牛奶、酸奶等不同类型乳制品对性早熟的影响仍需进一步探讨。

4.2.3 大豆及其制品

大豆制品是膳食蛋白质的重要来源，且富含化学结构与人体雌二醇相似的异黄酮，可能影响内分泌系统功能[42]。中国青春期队列研究[42]发现，与大豆摄入量较低的儿童相比，摄入量较高的女童乳房发育Tanner 2期和月经初潮提前的风险分别降低12%和13%，摄入量较高的男童性腺发育和变声提前的风险分别降低9%和10%。而两项针对儿童豆类食物摄入与性发育时间关系的Meta分析[20,43]表明，女童摄入大豆为主的饮食，其初潮时间略有提前，但未达到统计学显著差异。大豆及其制品在亚洲饮食中被广泛使用，因此亚洲人群的异黄酮摄入量远高于西方人群，由此推测，西方人群异黄酮摄入量与儿童性发育年龄之间的关联可能被低异黄酮摄入量所掩盖[42]。

4.3 营养素

4.3.1 脂肪

基于中国6~15岁女童的队列研究[18]结果显示，脂肪日均摄入量每增加10 g，初潮年龄平均提前0.036岁，提示较高的膳食总脂肪摄入量是初潮早发的危险因素，与德国8~15岁女童的队列研究[44]结果一致，其机制可能在于脂肪摄入会加速下丘脑–垂体–性腺轴的成熟，进而导致激素浓度的差异[45]。而美国、加拿大的研究[46-47]提示，膳食脂肪摄入量对女童初潮的发生无影响，遗传背景、样本量和膳食评估的差异可能是导致结果不一致的原因。以中国儿童为对象的调查[48-49]结果显示，多不饱和脂肪酸摄入量较高是女童初潮、男童变声提前的危险因素，未发现饱和脂肪酸及单不饱和脂肪酸摄入与性发育时间之间的关联，上述结果在调整儿童体成分及其他潜在混杂因素后差异仍具有统计学意义。多不饱和脂肪酸导致性发育提前的原因可能在于其作用于类固醇生成相关转录因子，进而影响类固醇急性调节蛋白表达，调节肾上腺激素含量并刺激促性腺激素释放激素的分泌[50-51]。

4.3.2 蛋白质

蛋白质摄入与性发育年龄关系的研究主要集中于欧洲儿童。德国、英国、荷兰等国研究[52-55]发现，较高的总蛋白和动物蛋白摄入量会导致女童初潮/乳房发育、男童变声期发生较早，较高的植物蛋白摄入量与性发育较晚发生相关；针对中国儿童的多项队列研究[4,18,37]发现，动物蛋白摄入较多与更早的初潮或变声相关，植物蛋白摄入较多的儿童可能更晚经历初潮或变声，但并未发现总蛋白质摄入对初潮年龄的影响。研究结果的差异可能源于膳食结构的不同，中国居民膳食模式以植物性食物为主，不同来源蛋白质对初潮的影响可能相互抵消，导致总蛋白质摄入对初潮的真实影响被掩盖[18]。

4.3.3 碳水化合物

基于中国15省（直辖市）6~16岁女童的队列研究[56]显示，碳水化合物摄入量在最高三分位数组的女童初潮年龄较最低三分位组推迟0.35岁，这一趋势与在美国女童中的研究[57]结论一致。而德国、加拿大等国家的队列研究[44,47]显示，碳水化合物摄入量与女童初潮年龄无关。以上差异可能与各研究人群的地区、种族、年代、膳食模式、数据分析方法的不同有关。

4.3.4 膳食纤维

探讨膳食纤维对性早熟影响的研究[55,58]多在女童中进行，结果显示较高的膳食纤维摄入量与女童

较晚的性发育年龄有关。仅有少数研究在男童中开展。针对成都市9~15岁男童的调查[59]显示，处于发育早期的男生纤维摄入量（1.39 g/MJ）高于处于发育晚期的男生（1.22 g/MJ），揭示了膳食纤维摄入量较高与性发育较晚的关联。研究[60-61]认为，膳食纤维可能通过抑制雌激素结合物的解离减少机体对游离雌激素的吸收、增加雌激素从粪便中的排出量等机制，影响体内雌激素水平，进而影响青春期发育。然而，2022年中国西南地区的队列研究[42,62]显示，在调整大豆摄入水平后，未发现膳食纤维摄入量与性发育时间的关联，考虑到富含膳食纤维的食物通常富含异黄酮，推测以往发现膳食纤维对青春期发育产生的影响可能在一定程度上反映的是异黄酮的作用。

4.3.5 维生素与矿物质

针对维生素D与儿童性早熟的Meta分析[63-64]显示，与血清维生素D水平正常的儿童相比，维生素D水平较低的儿童性早熟发生的风险增加了53.1%~125.0%。美国一项队列研究[65]指出，10岁女童高维生素A摄入量与较早的初潮发生相关。美国5~12岁女童的队列研究[66]显示，较高的铁摄入与初潮较晚发生有关。江苏一项横断面研究[36]指出，性早熟女童存在锌摄入量较高，而在成都的横断面调查[67]显示锌摄入量与青春期发育各个指标均无关。目前，对于微量营养素与性早熟的研究相对较少且结论不一，需要进一步研究多种微量营养素单独或联合使用对儿童性早熟的影响。

5 总结与展望

探索预防性早熟的有效方法是公共卫生领域的重要课题。营养状况是性早熟的重要可控因素，母体孕期不良的宫内代谢环境、儿童期长期不良膳食模式、过多摄入红肉及加工肉类、多不饱和脂肪酸、总蛋白和动物蛋白均被认为是性早熟的潜在危险因素；而延长母乳喂养时间、增加儿童期大豆及其制品的摄入、较高的植物蛋白摄入量以及充足的膳食纤维摄入，均与较晚的性发育相关；关于乳类及其制品、碳水化合物、维生素及矿物质与性早熟关系的研究尚未得出一致结论，仍需进一步探讨。上述关于营养素、食物及整体膳食模式与儿童性发育关联的研究，为制定有针对性的营养干预措施以防治儿童性早熟提供了重要理论依据。

然而，现有研究仍存在以下问题：（1）研究主要聚焦于营养与性早熟之间的整体关联，未具体区分中枢性性早熟和外周性性早熟，未能探讨营养因素在两种亚型中的特异性作用路径；（2）现有研究多集中于儿童期，对生命早期营养因素与性发育年龄关联的探讨相对较少；（3）由于缺乏有效且易于衡量的性成熟指标，关于男童性发育开始时间的营养影响因素的研究相对匮乏。因此，考虑到性早熟发生的地域差异，亟需开展更广泛的前瞻性研究，以明确膳食因素与性早熟之间的因果关联，为指导均衡饮食和更好地防治性早熟提供理论支撑。

参考文献

[1] FANAKI M, MICHALA L, NAZARI E, et al. Central precocious puberty during the COVID-19 pandemic period: A systematic review of literature[J]. Cureus, 2024, 16(10): e71002.

[2] BRÄUNER E V, BUSCH A S, ECKERT-LIND C, et al. Trends in the incidence of central precocious puberty and normal variant puberty among children in Denmark, 1998 to 2017[J]. JAMA Netw Open, 2020, 3(10): e2015665.

[3] CHENG G, BUYKEN A E, SHI L, et al. Beyond overweight: Nutrition as an important lifestyle factor influencing timing of puberty[J]. Nutr Rev, 2012, 70(3): 133-152.

[4] XU Y, XIONG J, WANG X, et al. Dietary protein sources, gut microbiome, and puberty timing in children: Findings from a cohort study[J]. Signal Transduction and Targeted Therapy, 2024, 9(1): 167.

[5] TEILMANN G, PEDERSEN C B, JENSEN T K, et al. Prevalence and incidence of precocious pubertal development in Denmark: An epidemiologic study based on national registries[J]. Pediatrics, 2005, 116(6): 1323-1328.

[6] STANLEY T, MISRA M. Endocrine conditions in pediatrics: A practical guide[M]. Switzerland: Springer Nature Switzerland AG, 2021: 253.

[7] GAMBLE J. Puberty: Early starters[J]. Nature, 2017, 550 (7674): s10-s11.

[8] COUSINS S. The great puberty shift[J]. The Lancet. 2024, 404(10452): 511-512.

[9] ECKERT-LIND C, BUSCH A S, PETERSEN J H, et al. Worldwide secular trends in age at pubertal onset assessed by breast development among girls: A systematic review and meta-analysis[J]. JAMA Pediatr, 2020, 174(4): e195881.

[10] LIANG X, HUANG K, DONG G, et al. Current pubertal development in Chinese children and the impact of overnutrition, lifestyle, and perinatal factors[J]. J Clin Endocrinol Metab, 2023,108(9): 2282-2289.

[11] DURAND A, BASHAMBOO A, MCELREAVEY K, et al. Familial early puberty: Presentation and inheritance pattern in 139 families[J]. BMC Endocrine Disorders,

2016, 16(1): 50.

[12] DONG Y, DAI L, DONG Y, et al. Analysis of risk factors of precocious puberty in children[J]. BMC Pediatrics, 2023, 23(1): 456.

[13] COUSMINER D L, STERGIAKOULI E, BERRY D J, et al. Genome-wide association study of sexual maturation in males and females highlights a role for body mass and menarche loci in male puberty[J]. Hum Mol Genet, 2014, 23(16): 4452-4464.

[14] HEIDARIANPOUR A, SHOKRI E, SADEGHIAN E, et al. Combined training in addition to cortisol reduction can improve the mental health of girls with precocious puberty and obesity[J]. Front Pediatr, 2023, 11: 1241744.

[15] TANG J, XUE P, HUANG X, et al. Diet and nutrients intakes during infancy and childhood in relation to early puberty: A systematic review and meta-analysis[J]. Nutrients, 2022, 14(23): 5004.

[16] DUAN R, QIAO T, CHEN Y, et al. The overall diet quality in childhood is prospectively associated with the timing of puberty[J]. Eur J Nutr, 2021, 60(5): 2423-2434.

[17] DUAN R, CHEN Y, QIAO T, et al. Modern dietary pattern is prospectively associated with earlier age at menarche: Data from the CHNS 1997—2015[J]. Nutr J, 2020, 19(1): 95.

[18] 段若男, 高婉珂, 陈玥, 等. 能量及宏量营养素摄入与女童初潮年龄关联的前瞻性研究[J]. 中华预防医学杂志, 2021, 55(10): 1228-1231.

[19] SOLIMAN A, DE SANCTIS V, ELALAILY R. Nutrition and pubertal development[J]. Indian J Endocrinol Metab, 2014, 18(Suppl 1): s39-s47.

[20] CALCATERRA V, VERDUCI E, MAGENES V C, et al. The role of pediatric nutrition as a modifiable risk factor for precocious puberty[J]. Life, 2021, 11(12): 1353.

[21] DEARDORFF J, BERRY-MILLETT R, REHKOPF D, et al. Maternal pre-pregnancy BMI, gestational weight gain, and age at menarche in daughters[J]. Matern Child Health J, 2013, 17(8): 1391-1398.

[22] BOYNTON-JARRETT R, RICH-EDWARDS J, FREDMAN L, et al. Gestational weight gain and daughter's age at menarche[J]. J Womens Health, 2011, 20(8): 1193-1200.

[23] KEIM S A, BRANUM A M, KLEBANOFF M A, et al. Maternal body mass index and daughters' age at menarche [J]. Epidemiology, 2009, 20(5): 677-681.

[24] GRUNNET L G, HANSEN S, HJORT L, et al. Adiposity, dysmetabolic traits, and earlier onset of female puberty in adolescent offspring of women with gestational diabetes mellitus: A clinical study within the Danish National Birth Cohort[J]. Diabetes Care, 2017, 40(12): 1746-1755.

[25] KUBO A, FERRARA A, LAURENT C A, et al. Associations between maternal pregravid obesity and gestational diabetes and the timing of pubarche in daughters[J]. Am J Epidemiol, 2016, 184(1): 7-14.

[26] LAURIDSEN L L B, ARENDT L H, ERNST A, et al. Maternal diabetes mellitus and timing of pubertal development in daughters and sons: A nationwide cohort study[J]. Fertil Steril, 2018, 110(1): 35-44.

[27] KUBO A, DEARDORFF J, LAURENT C A, et al. Associations between maternal obesity and pregnancy hyperglycemia and timing of puberty onset in adolescent girls: A population-based study[J]. Am J Epidemiol, 2018, 187(7): 1362-1369.

[28] KWOK M K, LEUNG G M, LAM T H, et al. Breastfeeding, childhood milk consumption, and onset of puberty[J]. Pediatrics, 2012, 130(3): e631-e639.

[29] KARAOLIS-DANCKERT N, BUYKEN A E, SONNTAG A, et al. Birth and early life influences on the timing of puberty onset: Results from the DONALD (DOrtmund Nutritional and Anthropometric Longitudinally Designed) Study[J]. Am J Clin Nutr, 2009, 90(6): 1559-1565.

[30] VERKAUSKIENE R, PETRAITIENE I, ALBERTSSON WIKLAND K. Puberty in children born small for gestational age[J]. Horm Res Paediatr, 2013, 80(2): 69-77.

[31] SZAMRETA E A, QIN B, RIVERA-NÚÑEZ Z, et al. Greater adherence to a Mediterranean-like diet is associated with later breast development and menarche in peripubertal girls[J]. Public Health Nutr, 2020, 23(6): 1020-1030.

[32] CALCATERRA V, MAGENES V C, HRUBY C, et al. Links between childhood obesity, high-fat diet, and central precocious puberty[J]. Children, 2023, 10(2): 241.

[33] CHEN C, CHEN Y, ZHANG Y, et al. Association between dietary patterns and precocious puberty in children: A population-based study[J]. Int J Endocrinol, 2018, 2018: 4528704.

[34] JANSEN E C, MARÍN C, MORA-PLAZAS M, et al. Higher childhood red meat intake frequency is associated with earlier age at menarche[J]. The Journal of Nutrition, 2016, 146(4): 792-798.

[35] JANSEN E C, ZHOU L, PERNG W, et al. Vegetables and lean proteins-based and processed meats and refined grains-based dietary patterns in early childhood are associated with pubertal timing in a sex-specific manner: A prospective study of children from Mexico city[J]. Nutrition Research, 2018, 56: 41-50.

[36] 罗交, 杨明喆, 段若男, 等. 成都市儿童青少年肉类、奶类及锌的摄入状况与青春期发育的关系[J]. 四川大学学报(医学版), 2015, 46(5): 726-731.

[37] 李静, 段若男, 陈梦雪, 等. 蛋白质及动物性食物摄入对中国女童初潮年龄的前瞻性影响[J]. 中国学校卫生, 2021, 42(4): 493-496.

[38] ATAY Z, TURAN S, GURAN T, et al. The prevalence and risk factors of premature thelarche and pubarche in 4- to 8-year-old girls[J]. Acta Paediatr, 2012, 101(2): e71-e75.

[39] 杨明喆, 薛红妹, 段若男, 等. 成都市儿童青少年富含蛋白质食物摄入与青春期发育关系[J]. 卫生研究, 2015, 44(1): 43-48.

[40] GASKINS A J, PEREIRA A, QUINTILIANO D, et al. Dairy intake in relation to breast and pubertal development in Chilean girls[J]. The American Journal of Clinical Nutrition, 2017, 105(5): 1166-1175.

[41] RAMEZANI TEHRANI F, MOSLEHI N, ASGHARI G, et al. Intake of dairy products, calcium, magnesium, and phosphorus in childhood and age at menarche in the Tehran Lipid and Glucose Study[J]. PLoS One, 2013, 8(2): e57696.

[42] XIONG J, XU Y, LIU X, et al. Prospective association of dietary soy and fibre intake with puberty timing: A cohort study among Chinese children[J]. BMC Med, 2022, 20 (1): 145.

[43] OLIVEIRA F R K, GUSTAVO A F S E, GONÇALVES R B, et al. Association between a soy-based infant diet and the onset of puberty: A systematic review and meta-analysis[J]. PLoS One, 2021, 16(5): e0251241.

[44] MERZENICH H, BOEING H, WAHRENDORF J. Dietary fat and sports activity as determinants for age at menarche[J]. Am J Epidemiol, 1993, 138(4): 217-224.

[45] LEMARCHAND-BÉRAUD T, ZUFFEREY M M, REY-MOND M, et al. Maturation of the hypothalamo-pituitary-ovarian axis in adolescent girls[J]. J Clin Endocrinol Metab, 1982, 54(2): 241-246. .

[46] KOPROWSKI C, ROSS R K, MACK W J, et al. Diet, body size and menarche in a multiethnic cohort[J]. Br J Cancer, 1999, 79(11-12): 1907-1911.

[47] MEYER F, MOISAN J, MARCOUX D, et al. Dietary and physical determinants of menarche[J]. Epidemiology, 1990, 1(5): 377-381.

[48] 高婉珂, 段若男, 李静, 等. 膳食脂肪摄入对女童初潮影响的前瞻性研究[J]. 中国学校卫生, 2021, 42(11): 1688-1691.

[49] XU Y, XIONG J, GAO W, et al. Dietary fat and polyunsaturated fatty acid intakes during childhood are prospectively associated with puberty timing independent of dietary protein[J]. Nutrients, 2022, 14(2): 275.

[50] SAMPATH H, NTAMBI J M. Polyunsaturated fatty acid regulation of genes of lipid metabolism[J]. Ann Rev Nutr, 2005, 25: 317-340.

[51] DE SANCTIS V, SOLIMAN A T, DI MAIO S, et al. Long-term effects and significant Adverse Drug Reactions (ADRs)associated with the use of GonadotropinR eleasing Hormone analogs (GnRHa) for central precocious puberty: A brief review of literature[J]. Acta Biomed, 2019, 90(3): 345-359.

[52] GÜNTHER A L, KARAOLIS-DANCKERT N, KROKE A, et al. Dietary protein intake throughout childhood is associated with the timing of puberty[J]. J Nutr, 2010, 140 (3): 565-571.

[53] REMER T, SHI L, BUYKEN A E, et al. Prepubertal adrenarchal androgens and animal protein intake independently and differentially influence pubertal timing [J]. J Clin Endocrinol Metab, 2010, 95(6): 3002-3009.

[54] ROGERS I S, NORTHSTONE K, DUNGER D B, et al. Diet throughout childhood and age at menarche in a contemporary cohort of British girls[J]. Public Health Nutr, 2010, 13(12): 2052-2063.

[55] DE RIDDER C M, THIJSSEN J H, VAN 'T VEER P, et al. Dietary habits, sexual maturation, and plasma hormones in pubertal girls: A longitudinal study[J]. Am J Clin Nutr, 1991, 54(5): 805-813.

[56] 陈玥, 段若男, 高婉珂, 等. 中国女童初潮年龄与碳水化合物及膳食纤维摄入的关系[J]. 中国学校卫生, 2021, 42 (2): 203-206.

[57] KISSINGER D G, SANCHEZ A. The association of dietary factors with the age of menarche[J]. Nutr Res, 1987, 7(5): 471-479.

[58] KOO M M, ROHAN T E, JAIN M, et al. A cohort study of dietary fibre intake and menarche[J]. Public Health Nutr, 2002, 5(2): 353-360.

[59] 田果, 刘言, 薛红妹, 等. 成都市儿童青少年膳食纤维摄入情况与青春期发育的关系[J]. 四川大学学报(医学版), 2016, 47(2): 244-247.

[60] GOLDIN B R, WOODS M N, SPIEGELMAN D L, et al. The effect of dietary fat and fiber on serum estrogen concentrations in premenopausal women under controlled dietary conditions[J]. Cancer, 1994, 74(3 Suppl): 1125-1131.

[61] ARTS C J, GOVERS C A, VAN DEN BERG H, et al. *In vitro* binding of estrogens by dietary fiber and the *in vivo* apparent digestibility tested in pigs[J]. J Steroid Biochem Mol Biol, 1991, 38(5): 621-628.

[62] CHENG G, REMER T, PRINZ-LANGENOHL R, et al. Relation of isoflavones and fiber intake in childhood to the timing of puberty[J]. Am J Clin Nutr, 2010, 92(3): 556-564.

[63] WU C, ZHANG X, YAN F, et al. Does vitamin D have a potential role in precocious puberty? A meta-analysis[J]. Food & Function, 2023, 14(11): 5301-5310.

[64] CHENG H, CHEN D, GAO H. An updated meta-analysis of the relationship between vitamin D levels and precocious puberty[J]. Frontiers in Endocrinology, 2023, 14: 1298374.

[65] MACLURE M, TRAVIS L B, WILLETT W, et al. A prospective cohort study of nutrient intake and age at menarche[J]. Am J Clin Nutr, 1991, 54(4): 649-656.

[66] VILLAMOR E, MARÍN C, MORA-PLAZAS M, et al. Micronutrient status in middle childhood and age at menarche: Results from the Bogotá School Children Cohort[J]. Br J Nutr, 2017, 118(12): 1097-1105.

[67] 谷奇, 李月娥, 朱艳丽, 等. 性早熟女童锌营养状况与性激素水平及性器官发育的相关性研究[J]. 东南大学学报(医学版), 2024, 43(2): 197-202.