

# PA与CDAI对癌症生存者生存率的联合关联： 一项基于人群的队列研究

李 涵, 周世骥\*

重庆医科大学附属第二医院胃肠肛肠外科, 重庆

收稿日期: 2026年1月12日; 录用日期: 2026年2月6日; 发布日期: 2026年2月24日

## 摘 要

有限的研究探讨了身体活动(PA)和复合膳食抗氧化指数(CDAI)对癌症人群死亡结局的影响。本文的目的是进一步评估PA和CDAI对美国癌症生存者生存率的单独和联合预后影响。癌症生存者的数据(n = 2263, 代表2200万癌症生存者)来自2007年至2016年美国国家健康与营养检查调查(NHANES)。PA通过自我报告的全球身体活动问卷(GPAQ)进行评估, CDAI则采用一系列膳食抗氧化剂——如维生素(A, C, E)、硒、锌和类胡萝卜素——来量化个人膳食摄入的总抗氧化能力。Cox比例风险模型用于分析PA和CDAI单独和联合预后影响与癌症生存者死亡结局之间的关系。在联合分析中, 与单独的生活方式干预相比, 具有充分PA和高CDAI的癌症生存者的全因死亡风险降低。同时, 充分的PA和高CDAI的联合效应与较低的癌症死亡率而非癌症死亡率相关。这一发现可能有助于完善癌症生存者的生活方式干预建议。

## 关键词

癌症生存者, 队列研究, 复合膳食抗氧化指数(CDAI), 死亡结局, 身体活动(PA)

# Joint Association of Physical Activity and Composite Dietary Antioxidant Index on Cancer Survivor Survival: A Population-Based Cohort Study

Han Li, Shiji Zhou\*

Department of Gastrointestinal and Anorectal Surgery, The Second Affiliated Hospital of Chongqing Medical University, Chongqing

\*通讯作者。

文章引用: 李涵, 周世骥. PA 与 CDAI 对癌症生存者生存率的联合关联: 一项基于人群的队列研究[J]. 临床医学进展, 2026, 16(2): 3119-3132. DOI: 10.12677/acm.2026.162725

## Abstract

Limited research has explored the impact of physical activity (PA) and composite dietary antioxidant index (CDAI) on mortality outcomes in cancer populations. The purpose of this study was to investigate the separate and joint prognostic effects of PA and CDAI on survival rates among US cancer survivors. Data on cancer survivors (n = 2263, representing 22 million survivors) were obtained from the National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES) between 2007 and 2016. PA was assessed using the self-reported Global Physical Activity Questionnaire (GPAQ), and CDAI evaluated total dietary antioxidant capacity through a panel of antioxidants—including vitamins (A, C, E), selenium, zinc, and carotenoids. The Cox proportional hazards model was used to evaluate the separate and joint relationship between the prognostic effects of PA and CDAI with mortality outcomes among cancer survivors. In the joint analysis, cancer survivors with sufficient PA and high CDAI demonstrated reduced all-cause mortality risk compared to those with insufficient PA or low CDAI. Concurrently, the joint effect of sufficient PA and high CDAI was associated with lower cancer mortality and non-cancer mortality. This finding may contribute to refining lifestyle intervention recommendations for cancer survivor populations.

## Keywords

Cancer Survivor, Cohort Study, Composite Dietary Antioxidant Index (CDAI), Mortality Outcome, Physical Activity (PA)

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

迄今为止, 全球癌症生存者人口一直在快速增长, 预计到 2050 年将增加到 3050 万新病例[1]。尽管在过去的几十年里, 所有癌症的生存率已逐步提高[2] [3], 但癌症生存者的预期寿命仍短于未患癌人群。

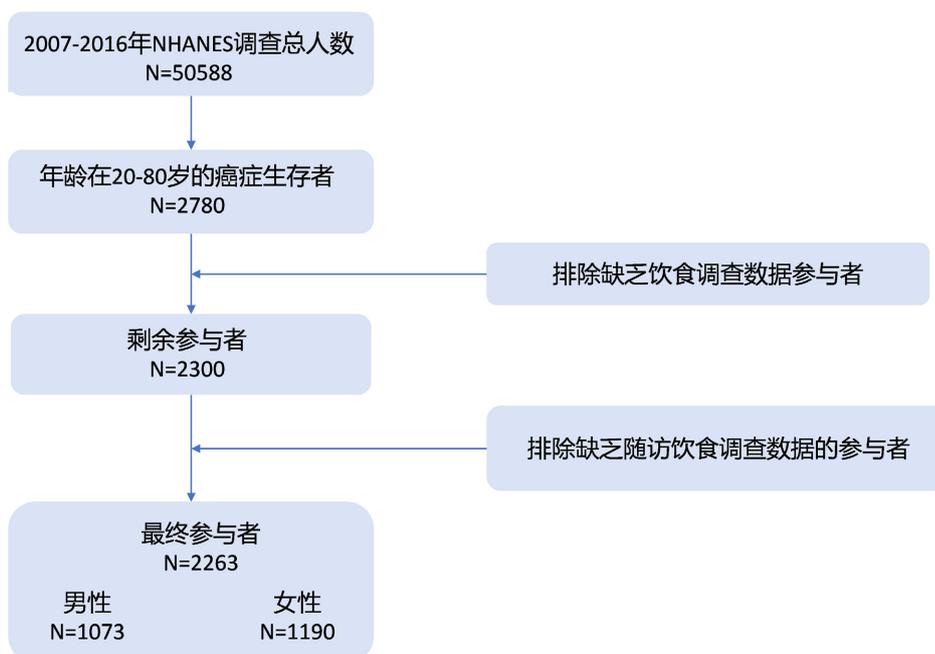
此外, 癌症生存者的生活质量受损, 对公共卫生造成重大负担。因此, 制定有效的策略来提高癌症生存者的生活质量和降低死亡率是很重要的。作为众所周知的可调节因素之一, 充分的体力活动(PA)可以增强心肺功能、增加肌肉量、减少脂肪量, 从而减少疾病的发生率和后续的并发症[4]。更重要的是, PA 能改善癌症生存者的生存, 通过调节胰岛素/糖代谢[5]、增强免疫功能[6]、调节激素代谢[7]、减少炎症[8]、抑制肿瘤生长转移[9]。同时, 越来越多的证据表明, 健康的饮食摄入可以显著降低癌症生存者的死亡风险[10]-[12]。复合膳食抗氧化指数(CDAI)是一种有效和可靠的营养工具, 可以评估一个人饮食的整体抗氧化特性[13] [14]。它是多种膳食抗氧化剂的综合评分, 包括维生素(A、C 和 E)、硒、锌和类胡萝卜素等[15]。一些研究已经确定了 CDAI 在癌症生存者中的预后作用, CDAI 越高, 生存率越高[13] [14]。然而, 关于 PA 和 CDAI 对癌症生存者死亡风险共同影响的证据仍然有限。

为了填补上述研究空白, 本研究的主要目的是研究 PA 和 CDAI 与美国癌症生存者的全因死亡率、癌症死亡率和非癌症死亡率之间的独立和联合关系。PA 和 CDAI 的联合效应与癌症生存者死亡风险之间的潜在联系有望为这些人群设计合理的 PA 和 CDAI 循证指南提供科学依据。

## 2. 方法

### 2.1. 数据来源与研究人群

本观察性队列研究的数据来自美国疾病控制与预防中心全国健康与营养检查调查(NHANES)连续五个周期的数据,包括 2007~2008 年、2009~2010 年、2011~2012 年、2013~2014 年和 2015~2016 年。NHANES 数据库系统地收集了具有全国代表性的非机构美国普通平民健康相关数据,采用分层、多阶段概率抽样设计,自 1999 年以来每 2 年进行一次,以评估美国人口的健康和营养状况。所有 NHANES 方案均经美国国家卫生统计中心(NCHS)研究伦理审查委员会批准,并由所有参与者提供书面知情同意。本研究分析的资料包括人口统计资料、健康状况、检查资料和问卷调查资料。缺少癌症调查、饮食回忆和随访信息不完整的参与者被排除在本研究之外。详细的参与者选择过程如图 1 所示。



注:共包含了 2007 年至 2016 年间五个访谈周期的 50,588 名参与者,最终纳入 2263 名癌症幸存者。NHANES:美国国家健康与营养调查。

**Figure 1.** Participant selection process in the present study

**图 1.** 本研究参与者选择流程

### 2.2. PA 评估

参与者使用世界卫生组织(WHO)编制的全球身体活动问卷(GPAQ)评估活动总时间。GPAQ 被用来评估个人的 PA 的不同领域,如职业、交通和休闲时间 PA (详细的 PA 评估见

<https://www.who.int/docs/default-source/ncds/ncd-surveillance/gpaq-analysis-guide.pdf>)。根据世界卫生组织的分析指南,每个参与者的 PA 被转换为每周中度到剧烈程度的 PA 代谢当量(MET)分钟。MET 值随运动类型的不同而不同,NHANES 为每种 PA 提供了参考 MET 值。PA 评分根据每周活动类型、频率和持续时间的 MET 值计算,公式为 MET × 每周频率 × 每次 PA 的持续时间[9]。根据美国身体活动指南,中等强度的 PA 应该做 150 分钟/周,或高强度的 PA 应该做 75 分钟/周(都相当于 600 MET-min/周)[16]。为了研究 PA 对癌症幸存者死亡风险的影响,我们根据美国身体活动指南的定义,将 PA 分为三个水平:不积极(0 MET-min/周)、不充分(1~599 MET-min/周)和充分(≥600 MET-min/周)[17][18]。

### 2.3. CDAI 评估

NHANES 的膳食摄入数据用于估计在访谈前的 24 小时内(从 24:00 到 24:00)所消耗的食物和饮料的种类和数量, 并估计从这些食物和饮料中摄入的能量、营养素和其他食物成分。所有 NHANES 参与者都接受两次 24 小时膳食回顾访谈。第一次膳食回顾访谈是在移动检测中心(MEC)现场收集的, 第二次访谈是在 3 到 10 天后通过电话收集的。平均每日摄入量根据 2 天的饮食回忆数据计算。使用 Wright 推荐的测量方法计算所有受试者的 CDAI, 我们纳入了来自食物的矿物质(硒、锌)、维生素(A、C 和 E)和类胡萝卜素( $\alpha$ 、 $\beta$ 、隐黄质、番茄红素、叶黄素和玉米黄质) [15]。为了计算 CDAI, 我们减去平均值, 并将结果除以 11 种膳食矿物质、维生素和类胡萝卜素的标准差, 计算公式如下: 
$$CDAI = \sum_{i=1}^{11} \frac{\text{each in take-mean}}{SD}$$
。将参与人群按四分位分为 4 个组, 分别是: Q1、Q2、Q3、Q4。

### 2.4. 癌症诊断

参与者的癌症病史记录来自 NHANES 数据库的“医疗状况”部分。癌症生存者是根据对以下问题的回答(“是”)来确定的: “你是否曾被医生或其他健康专家告知你患有癌症或任何类型的恶性肿瘤?”, 后续问题包括“这是哪种癌症?”。在我们的研究中, 根据之前的文献, 将乳腺癌、结肠直肠癌、肝癌、胰腺癌、胃癌、甲状腺癌、卵巢癌、子宫癌、脑癌、血癌、胆癌、肾癌和食道癌被归类为与肥胖相关的癌症, 其他类型的癌症被归类为与肥胖无关的癌症。另外我们还探讨 PA 和 CDAI 对胃肠道肿瘤(结肠、食管、胆囊、肝细胞、胰腺、直肠和胃)生存者生存的联合影响。

### 2.5. 死亡确定

随访人群的死亡数据来自 NHANES 公共使用关联死亡文件, 使用国家死亡指数(NDI)通过概率匹配算法将其与 NCHS 进行关联。此外, 利用《国际疾病统计分类》第十次修订版(ICD-10)确定死亡的根本原因。本研究的主要研究结果是研究人群的全因死亡率。癌症和非癌症死亡率是该研究的次要结果。死亡随访的持续时间从最初进行访谈之日起计算, 直至患者死亡之日或 2019 年 12 月 31 日 [19]。

### 2.6. 协变量评估

潜在协变量的选择是基于生活方式与癌症生存者预后之间关系的先验知识。在研究中, 对特定的协变量进行了描述性和推断性统计分析: I) 社会人口学特征包括年龄、性别(男/女)、种族(西班牙裔、非西班牙裔白人、非西班牙裔黑人等)、婚姻状况(未婚、已婚/与伴侣同居)、教育水平( $\leq$ 高中、 $>$ 高中)、家庭收入贫困率( $\leq 1$ ,  $> 1$ ); II) 个人行为变量包括吸烟状况(是/否)、饮酒(是/否)、睡眠时长( $< 7$ 、 $7 \sim 9$  和  $\geq 9$  小时/天)和久坐行为时间( $< 4$ 、 $4 \sim 6$  和  $\geq 6$  小时/天)。肥胖(BMI)是参与者在流动健康中心进行体检时获得( $< 30$ ,  $\geq 30$  kg/m<sup>2</sup>)。III) 与健康状况相关的因素包括高血压、高脂血症、糖尿病, 这些因素基于标准化医疗状况问卷的个人访谈中获得的自我报告诊断。

### 2.7. 研究结果

本研究的主要研究结果是评估不同类型的 PA 和 CDAI 与癌症生存者死亡风险之间的关系。

### 2.8. 统计分析

根据 NHANES 分析教程, 在做出具有代表性的美国平民非机构人口的估计时, 本研究中的所有分析都结合了样本权重、聚类和分层来估计适当的方差, 并确保美国人口的全国代表性。根据 PA 分类(0、1~599 和  $\geq 600$  MET-min/week)显示基线特征。正态分布的连续变量采用 Student's t test, 非正态分布的连

续变量采用 Kruskal-Wallis 检验。分类变量比较采用卡方检验。应用多因素 Cox 比例风险回归模型分别确定 PA 和 CDAI 与癌症生存者的全因死亡率、癌症死亡率和非癌症死亡率的关系。模型 1 (Model 1) 为未经调整的粗略模型。随后, 在模型 2 (Model 2) 中对年龄、性别和种族进行了调整。在完全调整的模型 3 (Model 3) 中, 我们考虑了年龄、性别、种族、婚姻状况、教育程度、家庭收入贫困比、吸烟状况、饮酒状况、睡眠时间、静坐时间、肥胖状况(BMI)、高血压、高脂血症和糖尿病。

为了研究联合效应, 根据 PA 和 CDAI 对参与者进行分类, 并使用多因素 Cox 比例风险回归模型评估死亡风险。为了分析 PA 与癌症生存者的癌症和非癌症死亡率之间的关系, 用多种方法对缺失数据的变量进行填补。所有统计分析均采用 R 软件(4.3.3 版)进行。 $p < 0.05$  认为具有统计学意义。

### 3. 结果

#### 3.1. 基线特征

共有 2263 名癌症生存者最终纳入本研究。在所有参与者中, 69.42% ( $n = 1571$ ) 是非西班牙裔白人, 78.79% ( $n = 1783$ ) 受过高中以上教育, 60.94% ( $n = 1379$ ) 已婚或与伴侣同居。在访谈时, 超过一半的研究人群仍在饮酒( $n = 1533$ ), 近 15% 的人仍在吸烟( $n = 337$ )。合并症患病率: 高血压 64.56% ( $n = 1461$ ), 高脂血症 81.31% ( $n = 1840$ ), 糖尿病 25.32% ( $n = 573$ )。总体而言, 50.2% ( $1137/2263$ ) 的参与者符合 PA 推荐( $\geq 600$  MET-min/week)。不积极 PA (0 MET-min/week) 的参与者更有可能是老年人、女性、非西班牙裔白人、已婚或与伴侣同居、肥胖、高血压、高脂血症、睡眠时间较短、久坐时间较长、低 CDAI。此外, 随着 PA 的增加, 癌症生存者的 CDAI 水平有显著增加的趋势( $p < 0.001$ )。表 1 总结了不同水平 PA 人群的详细信息。

**Table 1.** The demographic characteristics of cancer survivors in the present study were stratified by physical activity classification

**表 1.** 本研究中癌症生存者的人口统计学特征按身体活动分类进行了分层

	身体活动				<i>p</i>
	总人群 ( <i>N</i> = 2263)	0 MET- min/week ( <i>n</i> = 765)	1~599 MET- min/week ( <i>n</i> = 361)	$\geq 600$ MET- min/week ( <i>n</i> = 1137)	
性别(%)					<0.001
男性	1073 (47.41%)	306 (13.52%)	174 (7.69%)	593 (26.20%)	
女性	1190 (52.59%)	459 (20.28%)	187 (8.26%)	544 (24.04%)	
年龄(岁)					<0.001
20~30	61 (2.70%)	10 (0.44%)	8 (0.35%)	43 (1.90%)	
31~40	97 (4.29%)	20 (0.88%)	11 (0.49%)	66 (2.92%)	
>40	2105 (93.02%)	735 (32.48%)	342 (15.11%)	1028 (45.43%)	
种族(%)					0.040
西班牙人	138 (6.10%)	59 (2.61%)	20 (0.88%)	59 (2.61%)	
非西班牙裔黑人	304 (13.43%)	117 (5.17%)	55 (2.43%)	132 (5.83%)	
非西班牙裔白人	1571 (69.42%)	508 (22.45%)	247 (10.91%)	816 (36.06%)	
其他种族	250 (11.05%)	81 (3.58%)	39 (1.72%)	130 (5.74%)	
教育水平(%)					<0.001

续表

高中以下	480 (21.21%)	254 (11.22%)	58 (2.56%)	168 (7.42%)	
高中及以上	1783 (78.79%)	511 (22.58%)	303 (13.39%)	969 (42.82%)	
婚姻状况(%)					<0.001
已婚	1379 (60.94%)	420 (18.56%)	214 (9.46%)	745 (32.92%)	
未婚	884 (39.06%)	345 (15.25%)	147 (6.50%)	392 (17.32%)	
贫困水平(%)					<0.001
非贫困(PIR < 1)	1941 (85.77%)	625 (27.62%)	308 (13.61%)	1008 (44.54%)	
贫困(PIR ≥ 1)	322 (14.23%)	140 (6.19%)	53 (2.34%)	129 (5.70%)	
肥胖(BMI ≥ 30 Kg/m <sup>2</sup> , %)					0.004
是	850 (37.56%)	313 (13.83%)	148 (6.54%)	389 (17.19%)	
否	1413 (62.44%)	452 (19.97%)	213 (9.41%)	748 (33.05%)	
睡眠时间(h/d, %)					<0.001
<7	747 (33.01%)	252 (11.14%)	119 (5.26%)	376 (16.62%)	
7~9	1384 (61.16%)	442 (19.53%)	220 (9.72%)	722 (31.90%)	
>9	132 (5.83%)	71 (3.14%)	22 (0.97%)	39 (1.72%)	
久坐时间(h/d, %)					<0.001
<4	430 (19.00%)	96 (4.24%)	56 (2.47%)	278 (12.28%)	
4~6	891 (39.37%)	268 (11.84%)	125 (5.52%)	498 (22.01%)	
>6	942 (41.63%)	401 (17.72%)	180 (7.95%)	361 (15.95%)	
吸烟状况(%)					0.510
是	337 (14.89%)	111 (4.90%)	61 (2.70%)	165 (7.29%)	
否	1926 (85.11%)	654 (28.90%)	300 (13.26%)	972 (42.95%)	
饮酒状况(%)					<0.001
是	1533 (67.74%)	266 (11.75%)	815 (36.01%)	452 (19.97%)	
否	730 (32.26%)	95 (4.20%)	322 (14.23%)	313 (13.83%)	
高血压(%)					<0.001
是	1461 (64.56%)	556 (24.57%)	245 (10.83%)	660 (29.16%)	
否	802 (35.44%)	209 (9.24%)	116 (5.13%)	477 (21.08%)	
糖尿病(%)					<0.001
是	573 (25.32%)	242 (10.69%)	96 (4.24%)	235 (10.38%)	
否	1690 (74.68%)	523 (23.11%)	265 (11.71%)	902 (39.86%)	
高血脂(%)					0.580
是	1840 (81.31%)	627 (27.71%)	298 (13.17%)	915 (40.43%)	
否	423 (18.69%)	138 (6.10%)	63 (2.78%)	222 (9.81%)	
复合膳食抗氧化指数(%)					<0.001
Q1	238 (10.52%)	89 (3.93%)	239 (10.56%)	566 (25.01%)	
Q2	212 (9.37%)	101 (4.46%)	253 (11.18%)	566 (25.01%)	
Q3	171 (7.56%)	93 (4.11%)	301 (13.30%)	565 (24.97%)	
Q4	144 (6.36%)	78 (3.45%)	344 (15.20%)	566 (25.01%)	

注:  $p < 0.05$  被认为具有统计学意义。

### 3.2. PA、CDAI 与死亡率的关系

在随访期间, 参与者中 617 例死亡, 其中 213 例死于癌症, 404 例死于其他原因。完全调整后的模型显示, 拥有充分 PA ( $\geq 600$  MET-min/week) 的癌症生存者具有最低的全因死亡风险(HR = 0.46, 95% CI: 0.38~0.55)、癌症特异性死亡风险(HR = 0.56, 95% CI: 0.41~0.77)和非癌症特异性死亡风险(HR = 0.41, 95% CI: 0.33~0.52)。同时, 高 CDAI (Q4) 的癌症生存者的全因死亡风险(HR = 0.86, 95% CI: 0.67~1.10)、癌症死亡风险(HR = 0.83, 95% CI: 0.55~1.25)和非癌症死亡风险(HR = 0.86, 95% CI: 0.64~1.19)均低于低 CDAI ( $< 0.778$ ) 的患者(表 2)。

**Table 2.** Association of physical activity (PA) and composite dietary antioxidant index (CDAI) with all-cause, cancer, and noncancer mortality among US cancer survivors

**表 2.** 美国癌症生存者中身体活动量(PA)与复合膳食抗氧化指数(CDAI)与全因、癌症及非癌症特异性死亡率的关联

Mortality Outcome	Model 1		Model 2		Model 3	
	HR (95% CI)	<i>p</i>	HR (95% CI)	<i>p</i>	HR (95% CI)	<i>p</i>
<b>All-Cause Mortality</b>						
PA						
Inactive	Reference		Reference		Reference	
Insufficiently Active	0.53 (0.42~0.67)	<b>&lt;0.001</b>	0.50 (0.39~0.63)	<b>&lt;0.001</b>	0.57 (0.45~0.73)	<b>&lt;0.001</b>
Sufficiently Active	0.41 (0.34~0.49)	<b>&lt;0.001</b>	0.37 (0.31~0.45)	<b>&lt;0.001</b>	0.46 (0.38~0.55)	<b>&lt;0.001</b>
CDAI						
Q1	Reference		Reference		Reference	
Q2	1.12 (0.90~1.39)	0.330	0.97 (0.78~1.21)	0.797	1.12 (0.90~1.41)	0.314
Q3	1.02 (0.81~1.27)	0.893	0.82 (0.65~1.03)	0.088	1.01 (0.80~1.28)	0.926
Q4	0.90 (0.71~1.13)	0.352	0.68 (0.54~0.87)	<b>0.002</b>	0.86 (0.67~1.10)	0.234
<b>Cancer Mortality</b>						
PA						
Inactive	Reference		Reference		Reference	
Insufficiently Active	0.75 (0.51~1.10)	0.146	0.71 (0.48~1.04)	0.078	0.76 (0.51~1.12)	0.170
Sufficiently Active	0.53 (0.39~0.71)	<b>&lt;0.001</b>	0.49 (0.36~0.66)	<b>&lt;0.001</b>	0.56 (0.41~0.77)	<b>&lt;0.001</b>
CDAI						
Q1	Reference		Reference		Reference	
Q2	0.96 (0.66~1.39)	0.825	0.84 (0.57~1.22)	0.355	0.95 (0.65~1.40)	0.799
Q3	0.92 (0.63~1.34)	0.653	0.76 (0.51~1.11)	0.153	0.94 (0.63~1.40)	0.774
Q4	0.87 (0.59~1.27)	0.475	0.66 (0.45~0.98)	<b>0.041</b>	0.83 (0.55~1.25)	0.372
<b>Non-Cancer Mortality</b>						
PA						
Inactive	Reference		Reference		Reference	
Insufficiently Active	0.43 (0.32~0.59)	<b>&lt;0.001</b>	0.41 (0.30~0.56)	<b>&lt;0.001</b>	0.48 (0.35~0.66)	<b>&lt;0.001</b>
Sufficiently Active	0.36 (0.29~0.45)	<b>&lt;0.001</b>	0.33 (0.26~0.41)	<b>&lt;0.001</b>	0.41 (0.33~0.52)	<b>&lt;0.001</b>

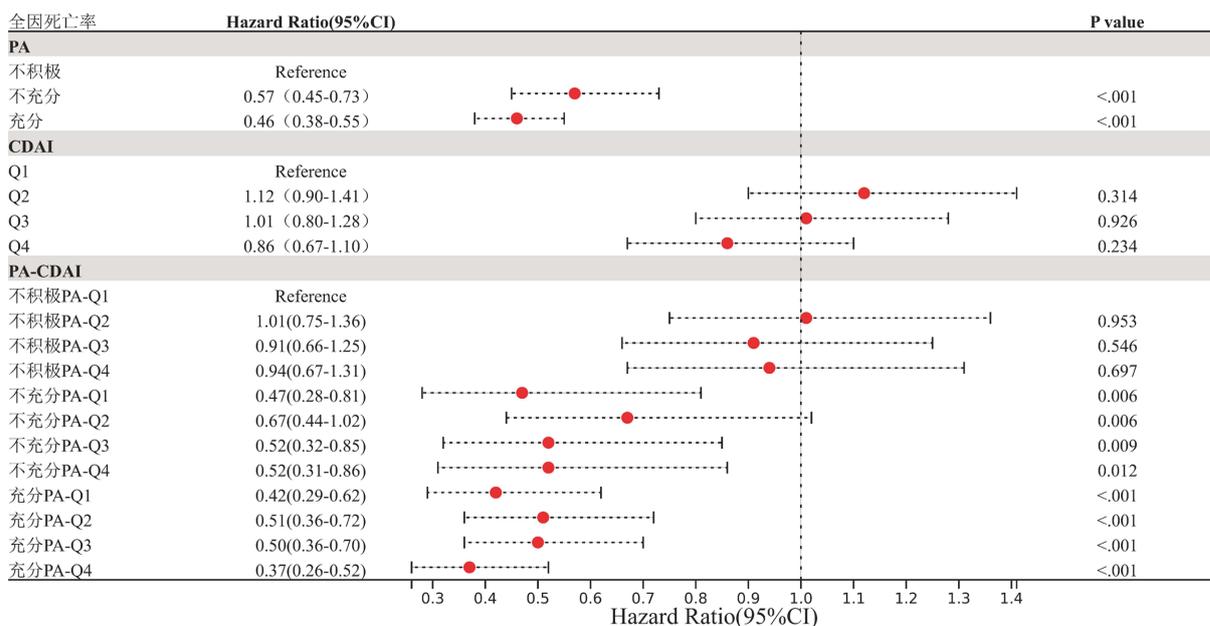
续表

Q1	CDAI					
	Reference	Reference	Reference	Reference	Reference	Reference
Q2	1.21 (0.92~1.58)	0.173	1.05 (0.80~1.38)	0.725	1.22 (0.92~1.62)	0.159
Q3	1.07 (0.81~1.42)	0.618	0.86 (0.64~1.14)	0.282	1.05 (0.78~1.41)	0.746
Q4	0.91 (0.68~1.22)	0.531	0.70 (0.52~0.94)	<b>0.017</b>	0.86 (0.64~1.19)	0.400

注: HR: 风险比。模型 1: 为未调整分析; 模型 2: 根据年龄、性别和种族进行了调整; 模型 3: 根据年龄、性别、种族、教育水平、婚姻状况、家庭收入贫困率、肥胖、吸烟状况、饮酒状况、高血压、高血脂、糖尿病、睡眠时间以及久坐时间进行了调整。不积极的身体活动(Inactive PA): 0 MET-分钟/周; 身体活动不充分(Insufficiently Active PA): 1~599 MET-分钟/周; 身体活动充分(Sufficiently Active PA): ≥600 MET-分钟/周; 积极的身体活动(Active PA): ≥0 MET-分钟/周。Q1、Q2、Q3、Q4: 参与人群根据 CDAI 四分位分组。p < 0.05 被认为具有统计学意义。

### 3.3. PA 和 CDAI 对死亡率的联合影响

在联合分析中, 积极的 PA 和高 CDAI 的组合与最低的全因、癌症和非癌症死亡率风险相关。具体而言, 与完全调整模型中的其他组相比, 充分的 PA (≥600 MET-min/week)和最高 CDAI 组(Q4)的癌症生存者的全因死亡风险(HR = 0.37, 95% CI: 0.26~0.52)最低(图 2)。同时, 与其他组相比, 充足的 PA (≥600 MET-min/week)和最高 CDAI (Q4)的具有最低的癌症死亡风险(HR = 0.38, 95% CI: 0.21~0.70), 非癌症生存者的癌症特异性死亡风险(HR = 0.36, 95% CI: 0.23~0.55)也明显降低(图 3)。



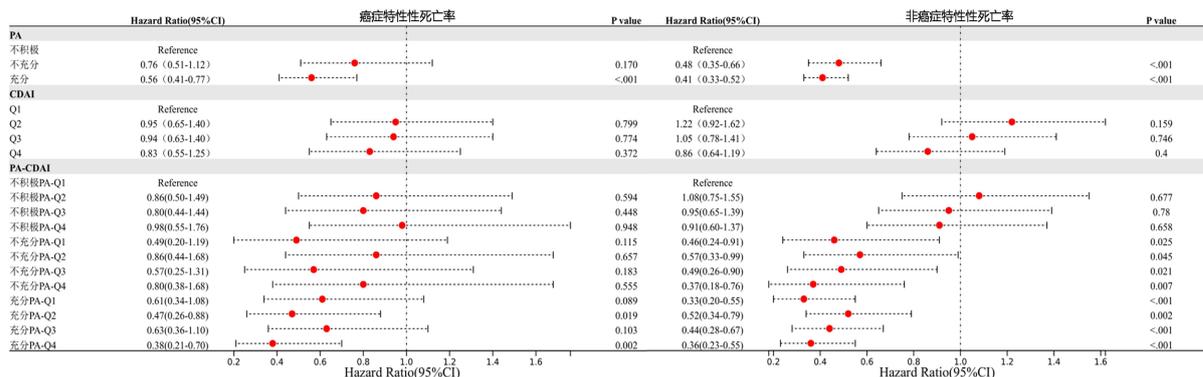
注: 结果调整了年龄、性别、种族、教育水平、婚姻状况、家庭收入贫困率、体重指数、吸烟状况、饮酒、高血压、高血脂症、糖尿病、睡眠时长和久坐时间。不积极的身体活动(Inactive PA): 0 MET-分钟/周; 身体活动不充分(Insufficiently Active PA): 1~599 MET-分钟/周; 身体活动充分(Sufficiently Active PA): ≥600 MET-分钟/周; 积极的身体活动(Active PA): ≥0 MET-分钟/周。Q1、Q2、Q3、Q4: 参与人群根据 CDAI 四分位分组。p < 0.05 被认为具有统计学意义。

**Figure 2.** The forest plot illustrates the association between physical activity (PA) and composite dietary antioxidant index (CDAI) (all-cause mortality)

**图 2.** 森林图说明了身体活动与复合饮食抗氧化指数的联合效应(全因死亡率)

### 3.4. 亚组分析

在性别亚组分析中, PA 和 CDAI 对死亡率的联合影响在各性别群体中同年龄群体是一致的。PA 和 CDAI 的积极作用与肥胖相关和非肥胖相关癌症的生存率均显著相关(表 3)。另外, 我们还分析了具体癌种中样本数量前三的数据(非黑色素瘤、乳腺癌及前列腺癌), 在三个亚组分析中 PA 与 CDAI 表现出显著的积极作用(表 4)。



注: 结果调整了年龄、性别、种族、教育水平、婚姻状况、家庭收入贫困率、体重指数、吸烟状况、饮酒、高血压、高脂血症、糖尿病、睡眠时长和久坐时间。不积极的身体活动(Inactive PA): 0 MET-分钟/周; 身体活动不充分(Insufficiently active PA): 1~599 MET-分钟/周; 身体活动充分(Sufficiently Active PA):  $\geq 600$  MET-分钟/周; 积极的身体活动(Active PA):  $\geq 0$  MET-分钟/周。Q1、Q2、Q3、Q4: 参与人群根据 CDAI 四分位分组。p < 0.05 被认为具有统计学意义。

**Figure 3.** The forest plot illustrates the association between physical activity (PA) and composite dietary antioxidant index (CDAI) (cancer mortality, noncancer mortality)

**图 3.** 森林图说明了身体活动与复合饮食抗氧化指数的联合效应(癌症死亡率、非癌症死亡率)

**Table 3.** The subgroup analysis of joint association of physical activity and composite dietary antioxidant index with all-cause mortality among US cancer survivors

**表 3.** 在美国癌症生存者中身体活动与复合膳食抗氧化指数与全因死亡率之间关系的亚组分析

亚组	Model 1		Model 2		Model 3	
	HR (95% CI)	p	HR (95% CI)	p	HR (95% CI)	p
<b>肥胖相关性癌症(n = 764)</b>						
Inactive PA and Low CDAI	Reference		Reference		Reference	
Active PA and Low CDAI	0.5 (0.36~0.74)	<0.001	0.48 (0.34~0.69)	<0.001	0.5 (0.35~0.74)	<0.001
Inactive PA and High CDAI	0.97 (0.65~1.44)	0.870	0.86 (0.58~1.28)	0.470	0.91 (0.61~1.36)	0.636
Active PA and High CDAI	0.5 (0.37~0.78)	0.001	0.41 (0.28~0.61)	<0.001	0.5 (0.34~0.77)	0.001
<b>非肥胖相关性癌症(n = 1499)</b>						
Inactive PA and Low CDAI	Reference		Reference		Reference	
Active PA and Low CDAI	0.42 (0.32~0.56)	<0.001	0.39 (0.30~0.52)	<0.001	0.46 (0.34~0.62)	<0.001
Inactive PA and High CDAI	1.09 (0.83~1.44)	0.542	0.85 (0.64~1.12)	0.247	0.91 (0.68~1.22)	0.540
Active PA and High CDAI	0.39 (0.30~0.50)	<0.001	0.32 (0.24~0.41)	<0.001	0.41 (0.31~0.55)	<0.001

续表

男性(n = 1073)						
Inactive PA and Low CDAI	Reference		Reference		Reference	
Active PA and Low CDAI	0.50 (0.37~0.68)	<0.001	0.48 (0.35~0.66)	<0.001	0.53 (0.39~0.73)	<0.001
Inactive PA and High CDAI	1.02 (0.75~1.39)	0.887	0.95 (0.70~1.31)	<b>0.770</b>	1.04 (0.75~1.44)	0.800
Active PA and High CDAI	0.37 (0.28~0.50)	<0.001	0.36 (0.27~0.48)	<0.001	0.46 (0.33~0.63)	<0.001
女性(n = 1190)						
Inactive PA and Low CDAI	Reference		Reference		Reference	
Active PA and Low CDAI	0.35 (0.25~0.49)	<0.001	0.36 (0.26~0.51)	<0.001	0.44 (0.31~0.62)	<0.001
Inactive PA and High CDAI	0.86 (0.60~1.22)	0.386	0.76 (0.54~1.08)	0.130	0.84 (0.59~1.20)	0.347
Active PA and High CDAI	0.35 (0.24~0.49)	<0.001	0.32 (0.23~0.46)	<0.001	0.46 (0.31~0.68)	<0.001
<65 岁(n = 900)						
Inactive PA and Low CDAI	Reference		Reference		Reference	
Active PA and Low CDAI	0.37 (0.22~0.62)	<0.001	0.34 (0.20~0.57)	<0.001	0.44 (0.25~0.75)	<b>0.002</b>
Inactive PA and High CDAI	0.90 (0.50~1.60)	0.708	0.70 (0.39~1.27)	0.239	0.86 (0.46~1.59)	0.621
Active PA and High CDAI	0.40 (0.25~0.66)	<0.001	0.31 (0.19~0.53)	<0.001	0.50 (0.29~0.87)	<b>0.015</b>
≥65 岁(n = 1363)						
Inactive PA and Low CDAI	Reference		Reference		Reference	
Active PA and Low CDAI	0.56 (0.44~0.71)	<0.001	0.48 (0.38~0.62)	<0.001	0.53 (0.41~0.69)	<0.001
Inactive PA and High CDAI	1.09 (0.85~1.39)	0.486	0.94 (0.73~1.21)	0.640	0.98 (0.75~1.26)	0.849
Active PA and High CDAI	0.48 (0.38~0.61)	<0.001	0.39 (0.30~0.49)	<0.001	0.48 (0.37~0.62)	<0.001
胃肠道肿瘤(n = 190)						
Inactive PA and Low CDAI	Reference		Reference		Reference	
Active PA and Low CDAI	0.53 (0.30~0.94)	<b>0.029</b>	0.53 (0.30~0.94)	<b>0.031</b>	0.56 (0.31~1.04)	0.067
Inactive PA and High CDAI	0.80 (0.41~1.56)	0.512	0.74 (0.38~1.45)	0.377	0.77 (0.38~1.58)	0.482
Active PA and High CDAI	0.50 (0.27~0.90)	<b>0.020</b>	0.43 (0.23~0.81)	<b>0.008</b>	0.45 (0.23~0.89)	<b>0.021</b>

注: HR: 风险比; CI: 置信区间; PA: 身体活动; CDAI: 复合膳食抗氧化指数。模型 1 为未调整分析; 模型 2: 根据年龄、性别和种族进行了调整; 模型 3: 根据年龄、性别、种族、教育水平、婚姻状况、家庭收入贫困率、肥胖、吸烟状况、饮酒情况、高血压、高血脂、糖尿病、睡眠时间以及久坐时间进行了调整。不积极的身体活动(Inactive PA): 0 MET-分钟/周; 身体活动不足(Insufficiently Active PA): 1~599 MET-分钟/周; 身体活动充分(Sufficiently Active PA): ≥600 MET-分钟/周; 积极的身体活动(Active PA): ≥0 MET-分钟/周。前面的分析已经证明 CDAI 与癌症生存者之间存在明显的剂量关系, CDAI 越高癌症生存者的死亡风险越低, 这里将 CDAI 按中位数分为了两组, 低 CDAI (Low CDAI): <0.778 (中位数); 高 CDAI (High CDAI): ≥0.778 (中位数)。p < 0.05 被认为具有统计学意义。

**Table 4.** Association of physical activity (PA) and composite dietary antioxidant index (CDAI) with all-cause, cancer, and noncancer mortality among US cancer survivors (The top three cancers in terms of sample size: non-melanoma, breast cancer, and prostate cancer)

**表 4.** 美国癌症幸存者中身体活动与复合膳食抗氧化指数与全因、癌症及非癌症死亡率的联合关系(样本量排名前三癌症: 非黑色素瘤、乳腺癌及前列腺癌)

亚组	Model 1		Model 2		Model 3	
	HR (95% CI)	<i>p</i>	HR (95% CI)	<i>p</i>	HR (95% CI)	<i>p</i>
<b>非黑色素瘤(n = 359)</b>						
Inactive PA and Low CDAI	Reference		Reference		Reference	
Active PA and Low CDAI	0.52 (0.41~0.65)	<0.001	0.46 (0.36~0.58)	<0.001	0.53 (0.42~0.68)	<0.001
Inactive PA and High CDAI	1.09 (0.86~1.39)	0.481	0.82 (0.65~1.06)	0.137	0.88 (0.68~1.13)	0.309
Active PA and High CDAI	0.51 (0.41~0.64)	<0.001	0.37 (0.29~0.47)	<0.001	0.47 (0.36~0.60)	<0.001
<b>乳腺癌(n = 343)</b>						
Inactive PA and Low CDAI	Reference		Reference		Reference	
Active PA and Low CDAI	0.43 (0.34~0.55)	<0.001	0.39 (0.31~0.50)	<0.001	0.46 (0.36~0.59)	<0.001
Inactive PA and High CDAI	1.00 (0.79~1.28)	0.974	0.78 (0.61~1.00)	0.048	0.85 (0.66~1.09)	0.192
Active PA and High CDAI	0.40 (0.32~0.51)	<0.001	0.31 (0.24~0.39)	<0.001	0.39 (0.31~0.51)	<0.001
<b>前列腺癌(n = 343)</b>						
Inactive PA and Low CDAI	Reference		Reference		Reference	
Active PA and Low CDAI	0.47 (0.37~0.60)	<0.001	0.43 (0.34~0.56)	<0.001	0.51 (0.39~0.65)	<0.001
Inactive PA and High CDAI	1.15 (0.90~1.47)	0.268	0.92 (0.72~1.18)	0.509	0.99 (0.76~1.27)	0.911
Active PA and High CDAI	0.44 (0.35~0.56)	<0.001	0.34 (0.27~0.44)	<0.001	0.44 (0.34~0.58)	<0.001

注: HR: 风险比; CI: 置信区间; PA: 身体活动; CDAI: 复合膳食抗氧化指数。模型 1 为未调整分析; 模型 2: 根据年龄、性别和种族进行了调整; 模型 3: 根据年龄、性别、种族、教育水平、婚姻状况、家庭收入贫困率、肥胖、吸烟状况、饮酒情况、高血压、高血脂、糖尿病、睡眠时间以及久坐时间进行了调整。不积极的身体活动(Inactive PA): 0 MET-分钟/周; 身体活动不足(Insufficiently Active PA): 1~599 MET-分钟/周; 身体活动充分(Sufficiently Active PA):  $\geq 600$  MET-分钟/周; 积极的身体活动(Active PA):  $\geq 0$  MET-分钟/周。前面的分析已经证明 CDAI 与癌症生存者之间存在明显的剂量关系, CDAI 越高癌症生存者的死亡风险越低, 这里将 CDAI 按中位数分为了两组, 低 CDAI (Low CDAI):  $<0.778$  (中位数); 高 CDAI (High CDAI):  $\geq 0.778$  (中位数)。  $p < 0.05$  被认为具有统计学意义。

#### 4. 讨论

在本研究中, 基于美国全国代表性队列, 初步探讨了 PA 和 CDAI 对癌症生存者死亡风险的联合影响。研究观察到, 在这些癌症生存者中, 约 50.2% 具有充分的 PA。在 81 个月的中位随访期间, 积极的 PA、高 CDAI 与全因、癌症和非癌症死亡率风险降低有关。研究结果强调了 PA 和 CDAI 联合作用对癌症人群随访管理的重要性。

已有研究证明, PA 在癌症预防和改善癌症生存者临床预后方面具有潜在益处[20] [21]。一项针对 40 岁以上癌症生存者的研究发现, 与那些不积极的休闲时间 PA 相比, 积极的休闲时间 PA 具有更低的全因和癌症死亡风险[20]。值得注意的是, 本研究为支持 PA 对癌症生存者的保护作用提供了额外的证据, 且这种保护作用不受体力活动类型和年龄的影响。此外, 与先前研究不同的是, 本研究还发现积极的体力活动也与非癌症死亡风险的显著降低相关。这种差异可能会导致研究人群中年龄范围的选择不同, 因为之前的证据表明, 年轻的癌症生存者更有可能死于与癌症无关的原因, 如心脏/肺部疾病, 以及担忧和焦

虑等心理障碍[22], PA 可以减少这些风险因素。同时, 已有研究中也探讨了在癌症人群中 CDAI 与死亡率之间的关系[23]-[25]。与仅关注单个营养素或食物相比, 分析饮食模式被广泛认为是一种更全面的方法。美国癌症学会和世界癌症研究基金会/美国癌症研究所(WCRF/AICR)发布的预防癌症的膳食指南提倡食用植物性食物, 包括各种水果和蔬菜, 以及全谷物, 限制摄入红肉和加工肉类, 以及精制谷物。高 CDAI 健康饮食模式与这些指南所倡导的一致。然而, 此前关于健康饮食模式与癌症死亡率之间关系的证据仍然有限。本研究结果显示, 高 CDAI 饮食模式可能与全因和非癌症特异性死亡风险降低相关, 这与之前的一些研究结果相似。基于全面的饮食模式而不是单一的食物或营养素评估可能会为合理的饮食建议提供更有力的证据, 以预防癌症。

据我们所知, 本研究是首次基于美国全国代表性癌症生存者样本, 调查 PA 和 CDAI 对死亡率结果联合影响的研究。以往的研究多聚焦于 PA 和 CDAI 在癌症生存者中的独立作用, 很少考虑它们的协同效应。联合分析使我们能够探索每个因素对死亡率结果的独立和综合影响, 为癌症生存者提供更全面的生存指导。具体来说, 本研究的结果表明, 与单独的生活方式干预相比, 增加 PA 和改善 CDAI 可以显著降低癌症生存者的全因死亡率、癌症特异性死亡率和非特异性癌症死亡率。此外, 本研究还揭示了癌症类型在评估 PA 和 CDAI 对死亡率结果联合影响中的重要性。

本研究具有以下优势: 首先, 这是第一个探索 PA 和 CDAI 对癌症生存者死亡率结果联合影响的研究。其次, 利用样本权重、聚类和分层来估计适当的方差, 并确保美国人口的全国代表性。在这项研究中, 美国癌症生存者的全国代表性样本包括多个种族, 以增强本研究结果在其他癌症人群中的普遍性。最后, 控制了一系列协变量, 包括人口统计学特征、社会经济因素、合并症和癌症生存者的个人生活方式, 这将有助于减少潜在的混杂偏倚。

诚然, 本研究仍存在一定的局限性, 需要在后续的工作中加以解决: 第一, PA 和 CDAI 的数据是自我报告数据, 容易受到回忆偏差的影响。第二, 癌症的诊断和类型是自我报告数据。尽管一些研究表明自我报告的癌症病史和医疗记录之间有很好的 consistency, 但在数据记录过程中, 自我报告的数据可能会受到回忆偏差和错误分类的影响。因此, 我们的研究结果需要谨慎解读。第三, 本研究只分析了膳食中的抗氧化剂, 没有纳入膳食补充剂。第四, 关于癌症分期和治疗的数据没有在 NHANES 中收集。

## 5. 结论

总之, 这项基于人群的队列研究表明, 具有积极 PA 和高 CDAI 特征的癌症生存者与显著降低的全因和癌症特异性以及非特异性癌症死亡风险相关。PA 和 CDAI 的联合评估可以为生活方式干预对癌症生存者生存率的预后影响提供额外的理解。

## 声明

作为对匿名数据的二次分析, 这项研究没有涉及人类参与者。因此, 不需要知情同意和机构审查委员会的批准。

## 参考文献

- [1] Force, L.M., Kocarnik, J.M., May, M.L., Bhangdia, K., Crist, A., Penberthy, L., *et al.* (2025) The Global, Regional, and National Burden of Cancer, 1990-2023, with Forecasts to 2050: A Systematic Analysis for the Global Burden of Disease Study 2023. *The Lancet*, **406**, 1565-1586. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(25\)01635-6](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(25)01635-6)
- [2] Wagle, N.S., Nogueira, L., Devasia, T.P., Mariotto, A.B., Yabroff, K.R., Islami, F., *et al.* (2025) Cancer Treatment and Survivorship Statistics, 2025. *CA: A Cancer Journal for Clinicians*, **75**, 308-340. <https://doi.org/10.3322/caac.70011>
- [3] Baughman, C., Norman, K. and Mukamal, K. (2024) Adherence to American Cancer Society Nutrition and Physical Activity Guidelines among Cancer Survivors. *JAMA Oncology*, **10**, 789-792.

- <https://doi.org/10.1001/jamaoncol.2024.0470>
- [4] Rock, C.L., Thomson, C.A., Sullivan, K.R., Howe, C.L., Kushi, L.H., Caan, B.J., *et al.* (2022) American Cancer Society Nutrition and Physical Activity Guideline for Cancer Survivors. *CA: A Cancer Journal for Clinicians*, **72**, 230-262. <https://doi.org/10.3322/caac.21719>
  - [5] Giovannucci, E., Harlan, D.M., Archer, M.C., Bergenstal, R.M., Gapstur, S.M., Habel, L.A., *et al.* (2010) Diabetes and Cancer: A Consensus Report. *CA: A Cancer Journal for Clinicians*, **60**, 207-221. <https://doi.org/10.3322/caac.20078>
  - [6] Weyh, C., Krüger, K. and Strasser, B. (2020) Physical Activity and Diet Shape the Immune System during Aging. *Nutrients*, **12**, Article 622. <https://doi.org/10.3390/nu12030622>
  - [7] Patel, A.V., Friedenreich, C.M., Moore, S.C., Hayes, S.C., Silver, J.K., Campbell, K.L., *et al.* (2019) American College of Sports Medicine Roundtable Report on Physical Activity, Sedentary Behavior, and Cancer Prevention and Control. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, **51**, 2391-2402. <https://doi.org/10.1249/mss.0000000000002117>
  - [8] Klasson, C.L., Sathir, S. and Pontzer, H. (2022) Daily Physical Activity Is Negatively Associated with Thyroid Hormone Levels, Inflammation, and Immune System Markers among Men and Women in the NHANES Dataset. *PLOS ONE*, **17**, e0270221. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0270221>
  - [9] Vilar-Gomez, E., Nephew, L.D., Vuppalanchi, R., Gawrieh, S., Mladenovic, A., Pike, F., *et al.* (2021) High-Quality Diet, Physical Activity, and College Education Are Associated with Low Risk of NAFLD among the US Population. *Hepatology*, **75**, 1491-1506. <https://doi.org/10.1002/hep.32207>
  - [10] Castro-Espin, C. and Agudo, A. (2022) The Role of Diet in Prognosis among Cancer Survivors: A Systematic Review and Meta-Analysis of Dietary Patterns and Diet Interventions. *Nutrients*, **14**, Article 348. <https://doi.org/10.3390/nu14020348>
  - [11] Narimatsu, H. and Yaguchi, Y.T. (2022) The Role of Diet and Nutrition in Cancer: Prevention, Treatment, and Survival. *Nutrients*, **14**, Article 3329. <https://doi.org/10.3390/nu14163329>
  - [12] Park, S., Kang, M., Shvetsov, Y.B., Setiawan, V.W., Boushey, C.J., Haiman, C.A., *et al.* (2021) Diet Quality and All-Cause and Cancer-Specific Mortality in Cancer Survivors and Non-Cancer Individuals: The Multiethnic Cohort Study. *European Journal of Nutrition*, **61**, 925-933. <https://doi.org/10.1007/s00394-021-02700-2>
  - [13] Luo, Z., Chen, S., Chen, P., Xiong, K. and Cao, C. (2025) Association of Dietary Inflammatory Index, Composite Dietary Antioxidant Index and Risk of Death among Adult Cancer Survivors: Findings from the National Health and Nutrition Examination Survey 2001-2018. *Frontiers in Immunology*, **16**, Article ID: 1556828. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2025.1556828>
  - [14] Daneshzad, E., Keshavarz, S., Qorbani, M., Larijani, B. and Azadbakht, L. (2020) Dietary Total Antioxidant Capacity and Its Association with Sleep, Stress, Anxiety, and Depression Score: A Cross-Sectional Study among Diabetic Women. *Clinical Nutrition ESPEN*, **37**, 187-194. <https://doi.org/10.1016/j.clnesp.2020.03.002>
  - [15] Wright, M.E., Mayne, S.T., Stolzenberg-Solomon, R.Z., *et al.* (2004) Development of a Comprehensive Dietary Antioxidant Index and Application to Lung Cancer Risk in a Cohort of Male Smokers. *American Journal of Epidemiology*, **160**, 68-76. <https://doi.org/10.1093/aje/kwh173>
  - [16] Piercy, K.L., Troiano, R.P., Ballard, R.M., Carlson, S.A., Fulton, J.E., Galuska, D.A., *et al.* (2018) The Physical Activity Guidelines for Americans. *JAMA*, **320**, 2020-2028. <https://doi.org/10.1001/jama.2018.14854>
  - [17] Kyu, H.H., Bachman, V.F., Alexander, L.T., Mumford, J.E., Afshin, A., Estep, K., *et al.* (2016) Physical Activity and Risk of Breast Cancer, Colon Cancer, Diabetes, Ischemic Heart Disease, and Ischemic Stroke Events: Systematic Review and Dose-Response Meta-Analysis for the Global Burden of Disease Study 2013. *BMJ*, **354**, i3857. <https://doi.org/10.1136/bmj.i3857>
  - [18] Arem, H., Moore, S.C., Patel, A., Hartge, P., Berrington de Gonzalez, A., Viswanathan, K., *et al.* (2015) Leisure Time Physical Activity and Mortality: A Detailed Pooled Analysis of the Dose-Response relationship. *JAMA Internal Medicine*, **175**, 959-967. <https://doi.org/10.1001/jamainternmed.2015.0533>
  - [19] Wu, J., Han, Y., Yao, M., Zhao, H., Li, Z., Xie, T., *et al.* (2025) The Impact of Oxidative Balance on All-Cause and Cause-Specific Mortality in US Adults and Cancer Survivors: Evidence from NHANES 2001-2018. *BMC Cancer*, **25**, Article No. 133. <https://doi.org/10.1186/s12885-025-13531-3>
  - [20] Matthews, C.E., Moore, S.C., Arem, H., Cook, M.B., Trabert, B., Håkansson, N., *et al.* (2020) Amount and Intensity of Leisure-Time Physical Activity and Lower Cancer Risk. *Journal of Clinical Oncology*, **38**, 686-697. <https://doi.org/10.1200/jco.19.02407>
  - [21] Dinas, P.C., Karaventza, M., Liakou, C., Georgakouli, K., Bogdanos, D. and Metsios, G.S. (2024) Combined Effects of Physical Activity and Diet on Cancer Patients: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Nutrients*, **16**, Article 1749. <https://doi.org/10.3390/nu16111749>
  - [22] Cox, C.L., Nolan, V.G., Leisenring, W., Yasui, Y., Ogg, S.W., Mertens, A.C., *et al.* (2014) Noncancer-Related Mortality Risks in Adult Survivors of Pediatric Malignancies: The Childhood Cancer Survivor Study. *Journal of Cancer Survivorship*,

- 8, 460-471. <https://doi.org/10.1007/s11764-014-0353-7>
- [23] Jin, X., Tong, W., Sun, L., Lu, S., Sun, P., Li, H., *et al.* (2025) Association of Composite Dietary Antioxidant Index with High Risk of Prostate Cancer in Middle-Aged and Elderly Men: Insights from NHANES. *Frontiers in Immunology*, **16**, Article 1530174. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2025.1530174>
- [24] Feng, Y., Fu, X., Cheng, B., Chen, P., Wang, Z., He, J., *et al.* (2025) Composite Dietary Antioxidant Index and Lung Cancer Risk: Insights from the UK Biobank. *BMC Public Health*, **25**, Article No. 2560. <https://doi.org/10.1186/s12889-025-23720-1>
- [25] Yu, Y., Paragomi, P., Wang, R., Jin, A., Schoen, R.E., Sheng, L., *et al.* (2022) Composite Dietary Antioxidant Index and the Risk of Colorectal Cancer: Findings from the Singapore Chinese Health Study. *International Journal of Cancer*, **150**, 1599-1608. <https://doi.org/10.1002/ijc.33925>