·临床研究·

TyG 指数与营养不良人群中非酒精性脂肪肝病发生风险的关系

徐婧，葛晓颖，陈旭姣，杨青怡，李庆

【摘要】目的　探讨三酰甘油-葡萄糖（TyG）指数与营养不良人群中非酒精性脂肪肝病（NAFLD）发生风险之间的关系。**方法**　本研究为横断面研究。收集美国国家健康与营养检查调查（NHANES）2017—2018 年录入的年龄≥18 岁样本 9 254 例，最终入选样本 1 888 例，构成 NHANES 分析队列。队列中，649 例符合营养不良定义，其中 265 例为 NAFLD 组，384 例为非 NAFLD 组。采用营养控制状态指数（CONUT）、预后营养指数（PNI）和营养风险指数（NRI）方法诊断营养不良，采用 Logistic 回归分析和限制性立方样条（RCS）分析法评估 TyG 指数与 NAFLD 的关系。**结果**　在 Logistic 回归分析中，TyG 指数与 NAFLD 发生风险显著相关（均 $P < 0.05$）。在无调整模型中，TyG 指数与 NAFLD 发生风险显著相关（OR=3.670，95%CI：2.770 ～ 4.942，$P < 0.05$）。调整性别、年龄后，TyG 指数与 NAFLD 的关联依然显著（OR=3.416，95%CI：2.545 ～ 4.661，$P < 0.05$）。进一步调整其他协变量后，TyG 指数仍为独立风险因素（均 $P < 0.05$）。RCS 分析进一步验证了 TyG 指数与 NAFLD 之间的非线性关系。**结论**　在营养不良人群中，TyG 指数与 NAFLD 的发生风险密切相关。TyG 指数作为代谢异常标志，在营养不良人群中的 NAFLD 早期筛查和风险评估中具有重要价值。

【关键词】　非酒精性脂肪肝病；三酰甘油-葡萄糖指数；营养不良；预后

DOI:10.3969/j.issn.1671-0800.2026.03.009

【中图分类号】　R589.2　**【文献标志码】**　A　**【文章编号】**　1671-0800(2026)03-0257-05

非酒精性脂肪肝病（non-alcoholic fatty liver disease，NAFLD）不仅直接影响肝脏健康，还与心血管疾病、糖尿病等多种慢性病密切相关，严重影响患者的整体预后和生活质量[1]。随着对脂肪肝疾病认识的不断深入，NAFLD 的概念逐渐演变为代谢相关性脂肪肝病（metabolic dysfunction-associated fatty liver disease，MAFLD），并强调代谢异常在疾病发生、发展中的核心作用[2-3]。营养不良是影响 NAFLD 发生和发展的一个重要因素[4]。尽管体质量指数（BMI）是常用于评估个体营养状态的传统指标，但无法全面反映个体的营养状况，尤其是对于那些看似体质量正常但存在其他代谢紊乱的个体。近年来越来越多的研究开始使用综合性的营养评估方法来评估营养不良对 NAFLD 的影响[4-6]，如营养控制状态指数（controlling nutritional status，CONUT）、预后营养指数（prognostic nutritional index，PNI）和营养风险指数（nutritional risk index，NRI）等。三酰甘油-葡萄糖（triglyceride-glucose，TyG）指数已被证明与多种代谢性疾病的发生密切相关[7-8]，其不仅能够反映脂肪代谢和糖代谢的异常，还可能是评估 NAFLD 的有效指标。本研究基于美国国家健康与营养检查调查（National health and nutrition examination survey，NHAHES）2017－2018 数据，结合 CONUT、PNI 和 NRI 方法，旨在探讨 TyG 指数在营养不良人群中对 NAFLD 发生风险的预测作用，现报道如下。

1　资料与方法

1.1　一般资料　本研究为横断面研究。收集 NHAHES 2017－2018 年录入的年龄≥18 岁样本 9 254 例，排除标准[6,8]：（1）年龄＜ 18 岁者；（2）关键数缺失据者；（3）合并病毒性肝炎、自身免疫性肝炎及艾滋病者；（4）妊娠女性；（5）存在严重酗酒史者。最终入选样本 1 888 例，构成 NHANES 分析队列。队列中，649 例符合营养不良定义，其中 265 例为 NAFLD 组，384 例为非 NAFLD 组。

作者单位：　315040 宁波，宁波市医疗中心李惠利医院

通信作者：　李庆，Email：liqing130007@126.com

1.2　方法

1.2.1　NAFLD 及营养不良的诊断　肝脏脂肪变性是通过测量超声回声衰减来量化[9]，本研究 NAFLD 诊断是通过使用振动控制瞬时弹性成像（vibration controlled transient elastography，VCTE）来控制衰减和获得受控衰减参数（controlled attenuation parameter，CAP）数据定义的，CAP≥274 dB/m 定义为 NAFLD[10]。鉴于 NHANES 数据库的设计特点及相关变量限制，本研究未按照 MAFLD 诊断标准对研究对象进行重新分类。

营养不良通过 CONUT、PNI 和 NRI 方法进行评估[11-12]。CONUT 指数：根据血清蛋白（Alb）水平、总胆固醇（TC）和淋巴细胞数来评估营养状态。CONUT 值较高的个体被视为营养不良。PNI 指数：基于 Alb 浓度和淋巴细胞数来评估营养风险，较低的 PNI 值与较高的营养不良风险相关。NRI 指数：结合体质量变化、Alb 水平等参数来评估个体的营养状态，NRI 值较低提示较高的营养不良风险。

1.2.2　TyG 指数计算[13]　TyG=ln[空腹血糖（FBG）×三酰甘油（TG）/2]，其中 FBG 和 TG 的单位为 mg/dl。

1.2.3　超重及肥胖的定义[14]　正常体质量，18.5 kg/m^2≤BMI ＜ 25 kg/m^2；超重，25 kg/m^2≤BMI ＜ 30 kg/m^2；肥胖，BMI≥30 kg/m^2。

1.3　统计方法　数据采用 R version 4.2.3 软件分析，连续变量用均数±标准差表示（正态分布）或 $M(P_{25}, P_{75})$ 表示（偏态分布），采用 t 检验或 Mann-Whitney U 检验。分类变量以例数和百分比表示，采用 χ^2 检验。采用多元 Logistic 回归分析影响因素。构建限制性立方样条分析（RCS）模型，评估 TyG 指数在不同水平下与 NAFLD 发生风险的关系，并计算其风险比（*HR*）值及 95%置信区间（*CI*）。P ＜ 0.05 为差异有统计学意义。

2　结果

2.1　生存情况比较　1 888 例 NHAHES 队列中，有营养不良患者 649 例，无营养不良 1 239 例。随访期间显示有营养不良的人群生存率较低（χ^2=20.44，P ＜ 0.05），见图 1。鉴于营养不良患者生存结果较差，拟选用营养不良患者分析 TyG 与 NAFLD 发生风险的相关性。

2.2　基线特征比较　非 NAFLD 组与 NAFLD 组性别、种族、婚姻状态、心血管疾病、糖尿病、高血压、BMI 及 TyG 指数差异均有统计学意义（均 P ＜ 0.05），见表 1。

2.3　Logistic 回归分析　在 Logistic 回归分析中，TyG 指数与 NAFLD 发生风险显著相关（均 P ＜ 0.05）。在无调整模型中，TyG 指数与 NAFLD 发生风险显著相关（*OR*=3.670，95%*CI*：2.770 ～ 4.942，P ＜ 0.05）。调整性别、年龄后，TyG 指数与 NAFLD 的关联依然显著（*OR*=3.416，95%*CI*：2.545 ～ 4.661，P ＜ 0.05）。进一步调整其他协变量后，TyG 指数仍为独立风险因素（均 P ＜ 0.05），见表 2。

2.4　RCS 分析　结果显示，TyG 指数与 NAFLD 发生之间存在非线性关系。当 TyG 指数＞ 3.147 时，风险显著增加，见图 2。

2.5　NAFLD 人群中按 BMI 分层的营养不良患病率　数据显示，依据 CONUT、PNI 和 NRI 评估标准，在患有营养不良的 NAFLD 人群中，正常体质量人群占 8.3%（22/265），超重人群占 21.1%（56/265），肥胖人群占 70.6%（187/265），见表 1。

3　讨论

本研究结果表明，TyG 指数在营养不良人群中与 NAFLD 的发生风险显著相关，且 CONUT、PNI 和 NRI 评估方法比传统 BMI 更能有效识别营养不良个体，具有更强的预测价值。

Logistic 回归分析结果表明，TyG 指数的升高与 NAFLD 的发生风险显著增加，与现有文献结果一致[15]。TyG 指数作为代谢综合征的重要指标，反映了脂肪代谢和糖代谢的异常，这可能是 NAFLD 发生的潜在机制之一[16-17]。本研究进一步确认，TyG 指数不仅

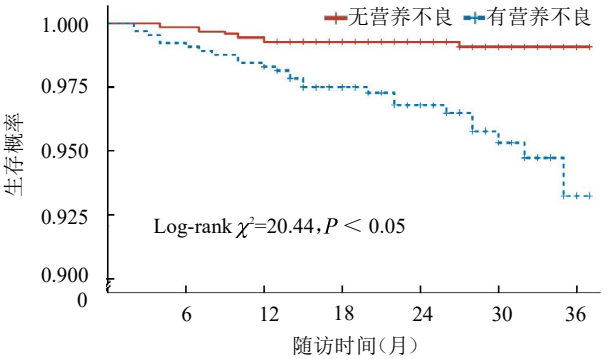


图 1　NHAHES 队列中营养不良及无营养不良患者生存曲线

表 1　两组基线特征比较

指标	非 NAFLD 组（n=384）	NAFLD 组（n=265）	Z（χ^2）值	P 值
年龄（岁）	52.0（31.0，71.0）	63.0（47.0，71.0）	4.14	＜ 0.05
性别（男/女，例）	160/224	132/133	（4.23）	＜ 0.05
种族（例）			（8.93）	＜ 0.05
墨西哥裔美国人	33	40		
非西班牙裔白人	96	65		
非西班牙裔黑人	139	99		
其他	116	61		
婚姻状态（例）			（8.62）	＜ 0.05
已婚/同居	188	168		
离婚/丧偶/分居	97	53		
未婚	68	37		
教育水平（例）			（1.59）	＞ 0.05
高中以下	93	58		
高中	83	68		
高中以上	208	138		
身体活动（例）			（2.45）	＞ 0.05
无	169	120		
中等强度	136	80		
高强度	79	65		
贫困收入比（例）			（2.05）	＞ 0.05
≤1	65	37		
＞ 1 ～＜ 5	215	153		
≥5	51	44		
心血管疾病（无/有，例）	293/56	198/59	（4.59）	＜ 0.05
糖尿病（无/有，例）	312/72	137/128	（64.22）	＜ 0.05
高血压（无/有，例）	237/147	105/160	（30.71）	＜ 0.05
BMI（正常/超重/肥胖，例）	195/105/84	22/56/187	（176.08）	＜ 0.05
体质量（kg）	69.00（57.90，81.90）	92.50（78.60，108.40）	12.91	＜ 0.05
身高（mm）	164.90（158.10,172.60）	166.70（159.10，174.30）	1.53	＞ 0.05
腰围（mm）	89.30（78.60，101.60）	113.00（101.90,122.10）	13.92	＜ 0.05
收缩压（mmHg）	118.66（107.33，135.33）	128.66（117.33，142.66）	5.19	＜ 0.05
舒张压（mmHg）	68.66（62.00，76.00）	71.00（64.00,78.66）	2.35	＜ 0.05
HbA1c（%）	5.50（5.20，5.90）	5.90（5.50，6.80）	7.56	＜ 0.05
LDL-C（mmol/L）	2.22（1.78，2.81）	2.27（1.65，2.92）	0.54	＞ 0.05
HDL-C（mmol/L）	1.42（1.16，1.68）	1.19（1.06，1.45）	6.21	＜ 0.05
ALT（U/L）	16.87（13.83，22.94）	19.90（15.85，28.01）	5.36	＜ 0.05
AST（U/L）	22.08（19.03，26.15）	22.08（19.03，28.19）	0.61	＞ 0.05
γ-GT（U/L）	16.03（12.81，23.27）	21.66（15.23，30.51）	6.05	＜ 0.05
TG（mg/dl）	120.05（87.49，177.05）	175.42（121.68，251.95）	7.84	＜ 0.05
FBG（mg/dl）	0.30（0.29，0.33）	0.34（0.31，0.41）	9.07	＜ 0.05
TC（mmol/L）	4.14（3.49，4.78）	4.16（3.39，4.81）	0.25	＞ 0.05
Alb（g/L）	40.82（37.69，43.96）	38.74（36.65，42.91）	4.34	＜ 0.05
LYM（1 000/μl）	1.50（1.30，2.10）	1.80（1.30，2.40）	2.93	＜ 0.05
TyG 指数	2.96（2.57，3.33）	3.47（3.07，3.90）	9.39	＜ 0.05
TyG-WC	261.88（204.62，325.29）	374.02（308.66，462.38）	12.27	＜ 0.05
TyG-BMI	72.58（58.51，94.76）	114.43（95.63，144.24）	14.03	＜ 0.05

注：NAFLD 为非酒精性脂肪肝病，BMI 为体质量指数，TyG 为三酰甘油-葡萄糖，HbA1c 为糖化血红蛋白，LDL-C 为低密度脂蛋白胆固醇，HDL-C 为高密度脂蛋白胆固醇，ALT 为丙氨酸氨基转移酶，AST 为天门冬氨酸氨基转移酶，γ-GT 为谷酰转肽酶，TG 为三酰甘油，FBG 为空腹血糖，TC 为总胆固醇，Alb 为清蛋白，LYM 为淋巴细胞数，TyG-WC 为三酰甘油-葡萄糖指数联合腰围，TyG-BMI 为三酰甘油-葡萄糖指数联合身体质量指数

表 2　通过 Logistic 回归分析 TyG 与 NAFLD 发生率的关系

TyG 指数	*OR*（95%*CI*）	*Z* 值	*P* 值
无调整模型			
整体	3.670（2.770 ～ 4.942）	8.81	＜ 0.05
Q1	3.387（0.649 ～ 22.017）	1.36	＞ 0.05
Q2	20.380（1.383 ～ 334.565）	2.16	＜ 0.05
Q3	9.413（0.885 ～ 106.432）	1.84	＞ 0.05
Q4	3.973（1.642 ～ 11.339）	2.80	＜ 0.05
模型 1			
整体	3.416（2.545 ～ 4.661）	7.96	＜ 0.05
Q1	2.415（0.430 ～ 16.792）	0.95	＞ 0.05
Q2	14.529（0.911 ～ 253.727）	1.87	＞ 0.05
Q3	9.030（0.838 ～ 103.540）	1.79	＞ 0.05
Q4	3.489（1.391 ～ 10.256）	2.46	＜ 0.05
模型 2			
整体	3.502（2.506 ～ 5.005）	7.11	＜ 0.05
Q1	3.204（0.475 ～ 27.766）	1.13	＞ 0.05
Q2	22.453（0.963 ～ 598.345）	1.90	＞ 0.05
Q3	6.638（0.454 ～ 104.266）	1.37	＞ 0.05
Q4	3.820（1.316 ～ 13.678）	2.25	＜ 0.05
模型 3			
整体	2.855（1.982 ～ 4.199）	5.48	＜ 0.05
Q1	2.620（0.339 ～ 26.005）	0.87	＞ 0.05
Q2	25.314（1.020 ～ 724.778）	1.94	＞ 0.05
Q3	4.623（0.271 ～ 83.040）	1.05	＞ 0.05
Q4	3.068（0.996 ～ 12.130）	1.75	＞ 0.05

注：NAFLD 为非酒精性脂肪肝病，TyG 为三酰甘油-葡萄糖。模型 1 为调整了协变量性别与年龄，模型 2 为调整协变量种族与体质量指数，模型 3 为调整了协变量糖尿病与高血压

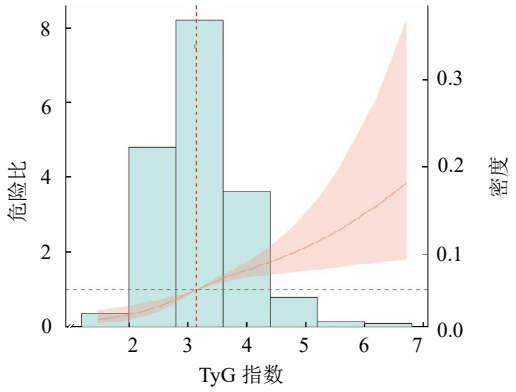


图 2　三酰甘油-葡萄糖（TyG）指数与非酒精性脂肪肝病限制性立方样条图

是 NAFLD 的独立预测因子，而且在营养不良患者中，其预测能力尤为突出。

本研究 RCS 分析进一步验证了 TyG 指数与 NAFLD 发生之间的关系，并揭示了 TyG 指数与 NAFLD 的非线性关系。总体趋势表明，TyG 指数的升高与 NAFLD 的发生密切相关。提示在临床实践中，TyG 指数可以作为早期筛查 NAFLD 风险的重要工具，尤其在代谢异常明显的个体中。

研究还发现，相较于传统 BMI 评估方法，CONUT、PNI 和 NRI 评估方法在识别营养不良与 NAFLD 的关系中表现出更高的敏感性和准确性。BMI 作为传统的营养评估指标，无法充分反映代谢异常和潜在的营养不良，尤其是在那些BMI正常或偏高的个体中。而 CONUT、PNI 和 NRI 通过综合考虑血液生化指标、体质量变化和免疫状态，能够更全面地评估个体的营养状况，从而更精确地识别高风险人群[18-19]。

值得注意的是，近年来提出的 MAFLD 概念强调代谢异常在脂肪肝发生中的核心作用[17]，与 TyG 指数所反映的胰岛素抵抗和代谢紊乱机制高度契合。尽管本研究采用 NAFLD 的诊断标准，但从病理生理机制角度来看，本研究结果在 MAFLD 人群中同样具有一定的参考价值。

本研究的局限性：（1）NHAHES 数据为横断面数据，无法推断因果关系，有待前瞻性研究进一步验

证 TyG 指数在 NAFLD 发生中的作用。（2）尽管影像学检查是当前诊断 NAFLD 的常用手段，但其诊断准确性仍低于肝脏活检这一“金标准”。未来研究可结合更为精准的影像学技术或纳入肝脏活检结果进行验证，以提高诊断的可靠性。

综上所述，TyG 指数与营养不良人群中 NAFLD 的发生密切相关，且在代谢异常的患者中具有显著的预测作用。相较于传统的 BMI，CONUT、PNI 和 NRI 三种营养不良评估方法能够更有效地识别高风险人群，并为 NAFLD 的早期筛查提供有力支持。

利益冲突　所有作者声明无利益冲突

作者贡献声明　徐婧：酝酿和设计实验，实施研究，分析/解释数据，文章撰写，统计分析；葛晓颖：酝酿和设计实验，文章撰写，工作支持；陈旭姣：实施研究，采集数据，文章撰写，工作支持；杨青怡：采集数据，文章撰写，统计分析；李庆：酝酿和设计实验，分析/解释数据，文章撰写，工作支持

参　考　文　献

[1] Mundi M S, Velapati S, Patel J, et al. Evolution of NAFLD and its management[J]. Nutr Clin Pract, 2020, 35(1): 72-84.

[2] Zhou X D, Cai J J, Targher G, et al. Metabolic dysfunction-associated fatty liver disease and implications for cardiovascular risk and disease prevention[J]. Cardiovasc Diabetol, 2022, 21(1): 270.

[3] Israelsen M, Francque S, Tsochatzis E A, et al. Steatotic liver disease[J]. Lancet, 2024, 404(10464): 1761-1778.

[4] Raposeiras Roubín S, Abu Assi E, Cespón Fernandez M, et al. Prevalence and prognostic significance of malnutrition in patients with acute coronary syndrome[J]. J Am Coll Cardiol, 2020, 76(7): 828-840.

[5] Akkuzu M Z, Altlntas E, Yaras S, et al. Controlling nutritional status (CONUT) score and prognostic nutritional index (PNI) are good candidates for prognostic markers for acute pancreatitis[J]. Medicina (Kaunas), 2022, 59(1): 70.

[6] Xu J, Li J, Chen H H, et al. Prevalence and prognostic significance of malnutrition in patients with non-alcoholic fatty liver disease (NAFLD)[J]. Int J Vitam Nutr Res, 2024, 95(1): 26099.

[7] Zhao J Q, Fan H X, Wang T, et al. TyG index is positively associated with risk of CHD and coronary atherosclerosis severity among NAFLD patients[J]. Cardiovasc Diabetol, 2022, 21(1): 123.

[8] Zhang Y S, Wang F J, Tang J J, et al. Association of triglyceride glucose-related parameters with all-cause mortality and cardiovascular disease in NAFLD patients: NHANES 1999-2018[J]. Cardiovasc Diabetol, 2024, 23(1): 262.

[9] Chen J, Yin M, Talwalkar J A, et al. Diagnostic performance of MR elastography and vibration-controlled transient elastography in the detection of hepatic fibrosis in patients with severe to morbid obesity[J]. Radiology, 2017, 283(2): 418-428.

[10] Eddowes P J, Sasso M, Allison M, et al. Accuracy of FibroScan controlled attenuation parameter and liver stiffness measurement in assessing steatosis and fibrosis in patients with nonalcoholic fatty liver disease[J]. Gastroenterology, 2019, 156(6): 1717-1730.

[11] Yuan K, Zhu S G, Wang H M, et al. Association between malnutrition and long-term mortality in older adults with ischemic stroke[J]. Clin Nutr, 2021, 40(5): 2535-2542.

[12] di Vincenzo O, Luisi M L E, Alicante P, et al. The assessment of the risk of malnutrition (undernutrition) in stroke patients[J]. Nutrients, 2023, 15(3): 683.

[13] Huo R R, Liao Q, Zhai L, et al. Interacting and joint effects of triglyceride-glucose index (TyG) and body mass index on stroke risk and the mediating role of TyG in middle-aged and older Chinese adults: A nationwide prospective cohort study[J]. Cardiovasc Diabetol, 2024, 23(1): 30.

[14] Dicker D, Karpati T, Promislow S, et al. Implications of the European association for the study of obesity's new framework definition of obesity: Prevalence and association with all-cause mortality[J]. Ann Intern Med, 2025, 178(8): 1065-1072.

[15] Alizargar J, Bai C H, Hsieh N C, et al. Use of the triglyceride-glucose index (TyG) in cardiovascular disease patients[J]. Cardiovasc Diabetol, 2020, 19(1): 8.

[16] Dong W Y, Gong Y X, Zhao J Q, et al. A combined analysis of TyG index, SII index, and SIRI index: Positive association with CHD risk and coronary atherosclerosis severity in patients with NAFLD[J]. Front Endocrinol, 2023, 14: 1281839.

[17] Younossi Z M, Zelber-Sagi S, Lazarus J V, et al. Global consensus recommendations for metabolic dysfunction-associated steatotic liver disease and steatohepatitis[J]. Gastroenterology, 2025, 169(5): 1017-1032.

[18] Li S Y, Wan L L, Liu Y F, et al. Prognostic value of three clinical nutrition scoring system (NRI, PNI, and CONUT) in elderly patients with prostate cancer[J]. Front Nutr, 2024, 11: 1436063.

[19] Shi J Y, Liu T, Ge Y Z, et al. Cholesterol-modified prognostic nutritional index (CPNI) as an effective tool for assessing the nutrition status and predicting survival in patients with breast cancer[J]. BMC Med, 2023, 21(1): 512.

收稿日期：2026-01-15

（本文编辑：钟美春）