

Correlation between triglycerides, glucose and body mass index and pulse wave velocity of the brachio-aqueductal region

Weihong Li¹ Zhenli Wu^{2*}

1. Graduate School of Baotou Medical College, Inner Mongolia University of Science and Technology, Baotou, Mongolia, 014000 China

2. People's Hospital of Inner Mongolia Autonomous Region, Baotou, Mongolia, 014000, China

Abstract

Objective To analyze the correlation between triglyceride glucose body mass index (TyG-BMI) and brachio-aortic pulse wave velocity (baPWV), as well as their differences across different body mass indices (BMI) and age groups. **Methods** This study utilized 912 individuals from a cohort included in a published study on serum γ -glutamyl transferase and atherosclerosis in the Dryad database. Multivariate linear regression was employed to examine the relationship between TyG-BMI and baPWV, with subgroup analyses adjusted for age and BMI to determine potential interactions. **Results** The average age of participants was (51.1 ± 9.6) years, with 592 males (64.9%). After adjusting for confounding factors, the linear regression analysis revealed a positive correlation between baPWV and TyG-BMI ($\beta=1.75, 95\%CI:0.16-3.33, P=0.031$). Subgroup analysis further demonstrated significant correlations in non-overweight and non-elderly populations, with no interaction observed among subgroups ($P>0.05$). **Conclusion** This study demonstrates a significant correlation between TyG-BMI and baPWV, particularly in non-overweight populations under 60 years old.

Keywords

triglyceride glucose body mass index; brachio-aortic pulse wave velocity; correlation

甘油三酯葡萄糖-体质指数与肱踝脉搏波速度的相关性

李卫红¹ 邬真力^{2*}

1. 内蒙古科技大学包头医学院研究生院, 中国·内蒙古 包头 014000

2. 内蒙古自治区人民医院, 中国·内蒙古 包头 014000

摘要

目的: 分析甘油三酯葡萄糖-体质指数 (TyG-BMI) 与肱踝脉搏波速度 (baPWV) 的相关性及二者在不同体质指数 (BMI) 及年龄组的差异。**方法:** 本研究以发表在Dryad数据库上一项关于血清 γ -谷氨酰转肽酶与动脉粥样硬化的相关性研究中纳入的912名体检人群为研究对象, 采用多元线性回归分析TyG-BMI与baPWV之间的相关性; 通过调整年龄、BMI等因素进行亚组分析, 明确是否存在交互作用。**结果:** 研究对象平均年龄为 (51.1 ± 9.6) 岁, 男性592人(64.9%)。调整混杂因素后, 线性回归分析结果显示baPWV与TyG-BMI正相关 ($\beta=1.75, 95\%CI:0.16-3.33, P=0.031$)。在进一步的亚组分析结果中观察到: 非超重及非老年人群中二者显著相关, 且各亚组间无交互作用($P>0.05$)。**结论:** 该研究显示TyG-BMI与baPWV之间存在显著相关性, 特别是在60岁以下的非超重人群中。

关键词

甘油三酯葡萄糖-体质指数; 肱踝脉搏波速度; 相关性

1 引言

随着我国人口老龄化加剧, 慢性病患者增多, 心血管疾病 (CVDs) 成为主要健康威胁。血管病变是 CVDs 的共同基础, 动脉粥样硬化是其常见原因; 但临床上也存在一些特情况, 没有危险因素却出现了心力衰竭和终末期心脏

病, 这实际上是血管的增龄性重构和功能变化, 也就是血管衰老在起作用^[1]。血管衰老表现为动脉硬化、内膜中层增厚等, 脉搏波传导速度 (PWV) 随年龄增长而升高, 是评估血管衰老的重要指标, 而目前因 baPWV 操作简便, 常用于评估 PWV^[2]。

胰岛素抵抗与心血管疾病密切相关, 可导致血管内皮功能障碍和血管僵硬度增加^[3]。目前, 检测胰岛素抵抗的金标准是由 DeFronzo 教授提出的高胰岛素-正常血糖钳夹技术, 但该技术成本高且应用范围有限。近期研究表明, TyG-BMI 可作为一种简单且可行的替代指标, 在临床上用于评估胰岛素抵抗^[4]。

【作者简介】李卫红 (1990-), 女, 中国重庆人, 在读硕士, 住院医师, 从事老年医学研究。

【通讯作者】邬真力 (1973-), 男, 中国内蒙古呼和浩特人, 正高, 博士, 从事老年心血管研究。

然而,很少有研究探讨 TyG-BMI 指数与 baPWV 之间的相关性。因此,本研究的目的是通过一项横断面调查来探讨 TyG-BMI 指数与 baPWV 之间的相关性,为心血管疾病的早期预防提供依据。

2 资料与方法

2.1 数据来源

本研究数据是由 Fukuda, Takuya 等人收集,并将其以数据包形式上传至 DRYAD 网站 (<http://www.Datadryad.org/>), 研究人员可以免费获取该数据包(数据来源: Association between serum γ -glutamyltranspeptidase and atherosclerosis: a population-based cross-sectional study, Dryad, Dataset, <https://doi.org/10.5061/dryad.m484p>^[5])

2.2 研究对象

本研究利用 Dryad 数据库中的数据进行二次分析,所有研究对象来自于 2004 年 3 月至 2012 年 12 月期间在日本岐阜县村上纪念医院一项参与健康体检的 24-84 岁人群,数据内容包括一般信息、体质指数(BMI)、血压、尿液分析、血细胞计数、生化检测、腹部超声以及肱踝脉搏波传导速度(baPWV)等。鉴于 γ -谷氨酰转肽酶(GGT)的分布呈偏态,我们对 GGT 进行了对数转换,即 $\log_2$ GGT。自动波形分析仪(Colin Medical Technology, Komaki, Japan)用于 baPWV 测量。

2.3 TyG-BMI 计算

TyG-BMI 的计算公式如下: 体质指数(BMI)=体重(kg)/身高²(m²); TyG 指数= $\ln[(1/2) \times \text{空腹血糖(mg/dL)} \times \text{空腹甘油三酯(mg/dL)}]$; TyG-BMI = TyG $\times$ BMI。

2.4 统计分析

使用 R 3.3.2(<http://www.P-project.org>) 和风锐统计软件 1.9.2 版进行统计学分析, $P < 0.05$ 认为差异具有统计学意义。连续变量以均值 $\pm$ 标准差($\bar{x} \pm s$)或中位数(四分位间距[IQR])表示,分类变量以百分数(%)表示。连续变量组间比较采用两样本 t 检验,分类变量采用 χ^2 检验。线性回归评估 TyG-BMI 指数与 baPWV 之间的关联,同时调整多种混杂因素,计算回归系数(β)和 95% 置信区间(95% CI)。混杂因素的选择是基于回归系数的变化以及最小绝对收缩和选择算子(Lasso)回归分析^[6,7]。

此外,根据年龄、BMI、脂肪肝患病情况进行敏感性分析,通过森林图的形式展示各亚组间 TyG-BMI 指数与 baPWV 之间的关系。限制性立方样条(RCS)曲线被用于评估 TyG-BMI 指数与 baPWV 在不同年龄亚组中的潜在非线性关系。

3 结果

3.1 人群基线特征

被纳入本研究的 912 名研究对象中, baPWV 的平均值为 1415.8 ± 246.3 (cm/s)。将 TyG-BMI 指数四分位,以

Q1 组作为参照组,对 Q2、Q3、Q4 组进行分析,发现性别、BMI、收缩压、舒张压、天门冬氨酸氨基转移酶(AST)、丙氨酸氨基转移酶(ALT)、 $\log_2$ GGT、空腹血糖、尿酸、总胆固醇、甘油三酯、高密度脂蛋白(HDL)、低密度脂蛋白(LDL)、当前是否吸烟、是否戒烟、饮酒情况、是否锻炼、有无脂肪肝、估算肾小球滤过率(eGFR)、踝臂指数(ABI)以及 baPWV 等指标,在各组之间差异均具有统计学意义($P < 0.05$)。然而,年龄和绝经后状态在各组之间的差异无统计学意义($P > 0.05$)。

3.2 混杂变量筛选

Lasso 回归分析显示,年龄、BMI、收缩压、舒张压、 $\log_2$ GGT、总胆固醇、甘油三酯、当前是否吸烟、是否锻炼、脂肪肝以及 eGFR 被保留并作为多因素回归分析中的最终混杂因素。3.3 TyG-BMI 与 baPWV 的单因素和多因素分析

以 baPWV 为因变量,将 Lasso 回归分析筛选得出的混杂因素作为自变量进行多因素线性回归分析。结果显示,校正混杂因素前后, TyG-BMI 与 baPWV 均呈正相关($P < 0.031$)。如表 1 所示。

3.4 各亚组 TyG-BMI 指数与 baPWV 之间的关联

为了进一步检验 TyG-BMI 指数与 baPWV 之间关联的稳健性,我们基于年龄、BMI 和合并症进行了亚组分析,结果如图 2。TyG-BMI 指数与 baPWV 之间的关联在不同年龄、BMI 以及有无合并症的研究对象中关联性一致,且无交互作用($P > 0.05$)。结合表 3 得出,在非老年和非超重群体中,线性关系更稳健。

4 讨论

基于对 Fukuda 等人提供的数据进行二次分析,通过线性回归分析表明,无论是否校正混杂因素, TyG-BMI 与 baPWV 独立相关。我们对年龄和 BMI 进行了亚组分析,结果显示, TyG-BMI 指数与 baPWV 之间的线性关系在非老年和非超重人群中更为稳定。

在一项对 116,661 名体检的普通人群的队列研究中,研究者观察到 TyG-BMI 指数在中青年和非超重人群中更能显著地反映胰岛素抵抗^[8],而胰岛素抵抗可以通过氧化应激和炎症反应等途径引发血管内皮功能损伤,最终导致动脉硬化,成为心血管疾病的始发因素。在目前老龄化大背景下,威胁老年人的心血管疾病是其主要健康危险因素,而大量研究表明,血管衰老是导致心脑血管疾病发生与进展的独立危险因素^[9]。血管衰老表现为血管僵硬增加,功能学体现为 PWV 增快,且 baPWV 表现为与年龄密切相关。因此,本研究采用 baPWV 来量化血管衰老的程度,结果与既往研究有一定相似性,但仍需要进一步的大规模研究来加以确认。

在邹等人的研究中发现,相较于 BMI ≥ 28 kg/m² 的人群,在 BMI < 24 kg/m² 的群体中 TyG 指数与颈动脉斑块的相关性

似乎更强；Li 等人的一项大样本回顾性研究中也得出相似的结论，其指出在低体重人群中 TyG 指数与颈动脉粥样硬化和颈动脉斑块显著相关。而本研究对亚组分析时同样发现，在 BMI < 25kg/m² 时，baPWV 与 TyG-BMI 呈正相关性，由此可能提示一定范围内的 BMI 对心血管系统具有一定的保护作用。

在 Cheng 等的研究中，TyG-BMI 指数预测老年患者(137

例，占比 17.3%) 心血管事件风险的能力，显著高于非老年患者(58 例，占比 9%)。但有观点认为该研究人群规模较小，得出结论代表性不足；Cardoso 等研究发现，在非老年糖尿病患者中，动脉硬化是增加心血管疾病风险的因素。本研究的亚组分析显示，非老年群体中 TyG-BMI 与 baPWV 之间存在线性关系。因此，这在一定程度上补充了以往研究的不足，后续仍需开展大规模人群研究以进一步验证。

表 1 TyG-BMI 与 baPWV 的单因素和多因素分析

变量	单因素分析		多因素分析	
	β (95%CI)	P 值	β (95%CI)	P 值
TyG-BMI	0.97 (0.52,1.42)	< 0.001	1.75 (0.16~3.33)	0.031
性别				
男	1(ref)	-	-	-
女	-49.44 (-82.84,-16.05)	0.004	-	-
年龄 (岁)	12.95(11.5,14.39)	< 0.001	10.67(9.31~12.03)	<0.001
BMI(kg/m ²)	4.95 (-0.17,10.07)	0.058	-28.76 (-43.21~-14.31)	<0.001
收缩压 (mmHg)	8.43 (7.51,9.35)	< 0.001	7.89 (6.17~9.62)	<0.001
舒张压 (mmHg)	11.29 (9.87,12.71)	< 0.001	-0.08 (-2.72~2.56)	0.951
AST (U/L)	3.4 (1.43,5.37)	< 0.001	-	-
ALT (U/L)	1.5 (0.38,2.61)	0.009	-	-
log _e ggT (U/L)	55.95 (37.36,74.54)	< 0.001	4.97 (-10.69~20.62)	0.534
空腹血糖 (mg/dl)	4.21 (3.1,5.31)	< 0.001	-	-
肌酐 (mg/dL)	22.77 (11.23,34.31)	< 0.001	-	-
胆固醇 (mg/dl)	0.71 (0.27,1.16)	0.002	-0.13 (-0.47~0.21)	0.449
甘油三酯 (mg/dl)	0.44 (0.23,0.65)	< 0.001	-0.21 (-0.5~0.09)	0.176
HDL(mg/dl)	-1.33 (-2.42,-0.23)	0.018	-	-
LDL(mg/dl)	0.66 (0.16,1.17)	0.01	-	-
当前吸烟				
否	1(ref)	-	1(ref)	-
是	-0.16 (-39.07,38.75)	0.994	29.62 (1.46~57.77)	0.04
戒烟				
否	1(ref)	-	-	-
是	25.42 (-6.56,57.4)	0.119	-	-
饮酒量 (g/ 周)	0.07 (-0.06,0.19)	0.284	-	-
锻炼				
no	1(ref)	-	1(ref)	-
yes	16.65 (-23.27,56.57)	0.413	-21.61 (-50.76~7.55)	0.147
脂肪肝				
否	1(ref)		1(ref)	
是	93.74 (58.98,128.51)	< 0.001	62.39 (31.63~93.14)	<0.001
eGFR(mL/min/1.73 m ²)	-6.39 (-7.65,-5.12)	< 0.001	-1.33 (-2.39~-0.26)	0.015
绝经状态				
否	1(ref)	1(ref)	-	-
是	207.39 (158.24,256.54)	< 0.001	-	-
ABI	0.04 (-0.02,0.1)	0.19	-	-

注：TyG-BMI，甘油三酯葡萄糖 - 体质指数；CI，置信区间；BMI，体质指数；AST，天门冬氨酸氨基转移酶；ALT，丙氨酸氨基转移酶；log_eGGT，对数转换的 γ - 谷氨酰转肽酶；HDL，高密度脂蛋白；LDL，低密度脂蛋白；eGFR，估算肾小球滤过率；ABI，踝臂指数；baPWV，肱踝脉搏波传导速度。

本研究也存在一些局限性, 需要考虑一些限制因素。首先, 本研究属于横断面研究, 无法确定与动脉僵硬度之间的因果关系, 需要进一步开展前瞻性队列研究。其次, 研究对象均来自同一健康中心, 易导致选择偏差, 从而影响结果的准确性。最后, 在多因素模型分析中, 尽管对混杂因素进行了校正, 但由于单次 baPWV 测量的干扰, 仍有一些未知的混杂因素未能得到纠正, 例如心理情绪、环境温度等。因此, 未来需要开展多中心、大样本的研究来验证本研究的结果。

5 结论

综上所述, 通过我们的研究, 初步分析得出了 TyG-BMI 与 baPWV 呈正相关, 尤其是在非老年和非超重群体中, 这种相关性更稳定。我们的研究结果将为进一步探索 TyG-BMI 用于早期识别心血管疾病高风险患者的临床应用提供一定的临床依据, 同时提示早期筛查和预防的必要性。

参考文献

- [1] 李晴晴, 洪华山. 早发血管衰老的临床研究进展[J]. 中华老年心脑血管病杂志, 2019, 21(06): 654-657.
- [2] 张存泰, 陶军, 田小利, 等. 血管衰老临床评估与干预中国专家共识 (2018)[J]. 中华老年病研究电子杂志, 2019, 6(01): 1-8.
- [3] Hill MA, Yang Y, Zhang L, Sun Z, Jia G, Parrish AR, Sowers JR. Insulin resistance, cardiovascular stiffening and cardiovascular disease. *Metabolism*. 2021 Jun; 119: 154766.
- [4] Huang X, He J, Wu G, Peng Z, Yang B, Ye L. TyG-BMI and hypertension in Normoglycemia subjects in Japan: A cross-sectional study. *Diab Vasc Dis Res*. 2023 May-Jun; 20(3): 14791641231173617.
- [5] Fukuda T, Hamaguchi M, Kojima T, Ohshima Y, Ohbora A, Kato T, Nakamura N, Fukui M. Association between serum γ -glutamyltranspeptidase and atherosclerosis: a population-based cross-sectional study. *BMJ Open*. 2014 Oct 3; 4(10): e005413.
- [6] Lee TF, Chao PJ, Ting HM, Chang L, Huang YJ, Wu JM, Wang HY, Horng MF, Chang CM, Lan JH, Huang YY, Fang FM, Leung SW. Using multivariate regression model with least absolute shrinkage and selection operator (LASSO) to predict the incidence of Xerostomia after intensity-modulated radiotherapy for head and neck cancer. *PLoS One*. 2014 Feb 28; 9(2): e89700.
- [7] Colombani C, Legarra A, Fritz S, Guillaume F, Croiseau P, Ducrocq V, Robert-Granié C. Application of Bayesian least absolute shrinkage and selection operator (LASSO) and BayesC π methods for genomic selection in French Holstein and Montbéliarde breeds. *J Dairy Sci*. 2013 Jan; 96(1): 575-91.
- [8] Wang X, Liu J, Cheng Z, Zhong Y, Chen X, Song W. Triglyceride glucose-body mass index and the risk of diabetes: a general population-based cohort study. *Lipids Health Dis*. 2021 Sep 6; 20(1): 99.