

胰岛素抵抗替代指标与2型糖尿病合并骨质疏松的相关性研究

吴雪, 杨振兴, 韩娇娇, 董幼平*

¹宁夏医科大学第一临床医学院, 宁夏 银川

²宁夏医科大学总医院内分泌科, 宁夏 银川

收稿日期: 2025年1月27日; 录用日期: 2025年2月21日; 发布日期: 2025年2月28日

摘要

目的: 探讨2型糖尿病患者胰岛素抵抗替代指标(甘油三酯-葡萄糖指数和胰岛素抵抗代谢评分)与骨质疏松严重程度的相关性研究。方法: 纳入387例T2DM患者, 根据骨密度分为骨密度正常组(135例)、低骨量组(164例)和骨质疏松组(88例)。收集患者的一般资料和骨密度值, 计算甘油三酯-葡萄糖指数(TyG)、胰岛素抵抗代谢评分(METS-IR)。采用单因素与多因素logistic回归方法分析TyG、METS-IR与骨密度之间的关系。结果: 合并OP组、低骨量组METS-IR、TyG均高于骨密度正常组; 合并OP组METS-IR、TyG高于低骨量组; METS-IR、TyG与糖尿病发生骨质疏松的疾病进展呈正相关($p < 0.05$); METS-IR、TyG是2型糖尿病合并骨质疏松的独立影响因素(均 $p < 0.05$)。结论: 患者胰岛素抵抗程度越高, 患骨质疏松症的风险就越大。

关键词

甘油三酯-葡萄糖指数, 胰岛素抵抗代谢评分, 2型糖尿病, 骨质疏松

The Correlation between Insulin Resistance Replacement Index and Osteoporosis in Type 2 Diabetes Mellitus

Xue Wu, Zhenxing Yang, Jiaojiao Han, Youping Dong*

¹The First Clinical Medical School of Ningxia Medical University, Yinchuan Ningxia

²Department of Endocrinology, General Hospital of Ningxia Medical University, Yinchuan Ningxia

Received: Jan. 27th, 2025; accepted: Feb. 21st, 2025; published: Feb. 28th, 2025

*通讯作者。

文章引用: 吴雪, 杨振兴, 韩娇娇, 董幼平. 胰岛素抵抗替代指标与 2 型糖尿病合并骨质疏松的相关性研究[J]. 临床医学进展, 2025, 15(2): 1620-1626. DOI: 10.12677/acm.2025.152518

Abstract

Objective: To investigate the correlation between insulin resistance replacement indexes (triglyceride-glucose index and insulin resistance metabolic score) and the severity of osteoporosis in patients with type 2 diabetes. **Methods:** 387 T2DM patients were included and divided into normal bone mineral density group (135 cases), low bone mass group (164 cases) and osteoporosis group (88 cases) according to BMD. General data and bone mineral density were collected, and triglyceride-glucose index (TyG) and insulin resistance metabolic score (METS-IR) were calculated. Univariate and multivariate logistic regression methods were used to analyze the relationship between TyG, METS-IR and bone mineral density. **Results:** METSIR and TyG in OP group and low bone mass group were higher than those in normal bone density group. METS-IR and TyG in OP group were higher than those in low bone mass group. METS-IR and TyG were positively correlated with the disease progression of osteoporosis caused by diabetes ($p < 0.05$); METS-IR and TyG were independent factors of type 2 diabetes mellitus combined with osteoporosis (all $p < 0.05$). **Conclusion:** The higher the degree of insulin resistance, the greater the risk of osteoporosis.

Keywords

Triglyceride-Glucose Index, Insulin Resistance Metabolic Score, Type 2 Diabetes, Osteoporosis

Copyright © 2025 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

骨质疏松症(OP)是一种随着年龄增长而发生和发展的疾病。其特征是骨量逐渐减少和骨微结构破坏,易发生脆性骨折[1]。2型糖尿病(T2DM)患者发生OP和脆性骨折的风险更高。一些研究提出了糖尿病骨质疏松症的概念,并认为OP是骨骼系统糖尿病的重要并发症[2][3]。

胰岛素抵抗(IR)是OP和许多其他代谢疾病的病理生理标志物。最常用的替代IR指标是IR的稳态模型评估(HOMA-IR),然而,它对那些接受胰岛素治疗或 β 细胞功能障碍的人的使用有限[4]。因此,大量研究开发了非侵入性且易于操作的IR评估指标,例如TyG指数和METS-IR[5]-[7]。

然而,越来越多的研究表明IR与骨密度之间存在负相关,有研究表明T2DM患者的IR可能会削弱胰岛素对骨骼的生理影响[8]-[10]。因此,IR与OP之间的关系仍然存在争议[11]。为了解决这个问题,在本研究中,我们使用胰岛素抵抗替代指标(TyG, METS-IR)评估胰岛素抵抗,并探讨了胰岛素抵抗替代指标(TyG, METS-IR)与T2DM患者骨质疏松症风险的关系。

该研究关注T2DM患者OP的风险因素,这对于T2DM患者的骨骼健康管理具有重要的临床意义。OP是T2DM的常见并发症,早期识别和干预可以有效降低骨折风险提高患者生活质量。

2. 对象与方法

2.1. 对象

回顾性收集宁夏医科大学总医院内分泌科2023年7月至2024年7月确诊为T2DM患者387例。纳入标准:(1)所有患者均符合T2DM的诊断标准[12];(2)具有完整BMD和血清学数据的患者;(3)BMD

的测量:采用双能 X 线骨密度分析仪检测腰椎的骨密度并记录 T 值。根据世界卫生组织提出的 OP 诊断标准[13],本研究将 $T < -2.5$ 定义为 OP 组,骨量减少($-2.5 \leq T \leq -1.0$)和正常骨量($T \geq -1.0$)为非 OP 组。排除标准:(1) 1 型糖尿病、妊娠糖尿病或其他特殊类型的糖尿病;(2) 糖尿病酮症酸中毒和糖尿病高渗性高血糖等糖尿病急性并发症;(3) 患有恶性肿瘤、免疫性疾病、急性感染以及甲状腺和甲状旁腺疾病的患者;(4) 严重心力衰竭、肝功能不全和肾功能不全的患者;(5) 服用过影响钙和磷代谢的药物(如噻唑烷二酮类、钙补充剂、维生素 D、利尿剂、糖皮质激素等)治疗的患者;(6) 临床数据不完整的患者。本研究方案经宁夏医科大学总医院伦理委员会批准(KYLL-2024-1680),收集的数据不包含任何被识别为个人的个人信息。遵循赫尔辛基宣言的原则及其后来的修正案或类似的道德标准。

2.2. 方法

2.2.1. 资料采集

包括受试对象的基本信息(姓名、性别、民族、籍贯、年龄)、生活方式和行为(如体力活动情况、吸烟史、饮酒史)、自我报告的个人病史(如高血压、高血脂、糖尿病、脑卒中、冠心病、肝硬化和肿瘤病史)和糖尿病家族史、身高(HT)、体重(WT)、收缩压(SBP)、舒张压(DBP)、心率(HR)等指标,并计算体质指数(body mass index, BMI)。其中收缩压和舒张压为非同日测量 3 次后取平均值, $BMI = WT(kg)/[HT(m)]^2$ 。

2.2.2. 测量指标

收集所有研究对象入院后次日清晨(空腹禁食 8 h 以上)肘静脉血 4 mL,测量总胆固醇(Tc)、甘油三酯(TG)、高密度脂蛋白胆固醇(HDL-c)、低密度脂蛋白胆固醇(LDL-c)、白细胞(WBC)、血红蛋白(HB)、血小板(PLT)、白蛋白、丙氨酸氨基转移酶(ALT)、天冬氨酸氨基转移酶(AST)、总胆红素(TBIL)、非结合胆红素(BU)、结合胆红素(BC)、25-羟维生素 D 水平、尿微量白蛋白、尿肌酐、尿白蛋白/肌酐、肾小球滤过率(eGFR)、c 肽、空腹血糖(FPG)、餐后 2 小时血糖(2hPG)和糖化血红蛋白(HbA1c)。其中 TyG 指数 $= \ln [TG (mg/dL) \times FPG (mg/dL)/2]$ 。METs-IR $= \ln [2 \times FPG (mg/dL) + TG (mg/dL)] \times BMI (kg/m^2) / \ln [HDL-C (mg/dL)]$ [14]。

2.2.3. 统计学处理

使用 SPSS 26.0 统计软件进行统计学分析,符合正态分布的数据用均数 $\pm$ 标准差($\bar{X} \pm SD$)描述,采用独立样本 t 检验进行两组间比较,采用 One-Way ANOVA 分析进行多组间比较;偏态分布的数据用中位数(四分位间距) $[M(IQR)]$ 来表示,采用 Kruskal-Wallis H 检验进行多组间比较。计数资料以例数和率 $n(\%)$ 表示,组间比较采用 χ^2 检验。采用偏相关分析 TyG、METs-IR、糖化血红蛋白水平与疾病严重程度的相关性。采用无序 Logistic 回归分析糖尿病合并骨质疏松的影响因素, $p < 0.05$ 为差异有统计学意义。

3. 结果

3.1.3 组患者基本临床特征

3 组 HB、WBC、PLT、TBIL、BC、BU、ALB、ALT、AST、eGFR、尿白蛋白/肌酐、尿微量白蛋白、HR、糖尿病自主神经病变、糖尿病肾病史、糖尿病视网膜病史、糖尿病周围血管病变、糖尿病周围神经病、糖尿病足、低血糖病史、吸烟史、饮酒史、高血压病史水平差异均无统计学意义($p > 0.05$),合并 OP 组糖化血红蛋白、年龄高于骨量正常组,合并 OP 组、低骨量组 METsIR、TyG 均高于骨量正常组;合并 OP 组 GLU、总胆固醇、TC、LDL-C、METs-IR、TyG 高于低骨量组,OP 组维生素 D 水平、HDL-C、BMI 低于骨量正常组;OP 组维生素 D 水平、BMI 低于低骨量组;T2DM 合并 OP 组女性比例(65.91%)高于男性(34.09%),差异均有统计学意义($p < 0.05$)。见表 1。

Table 1. Basic clinical features of patients in 3 groups**表 1.** 3 组患者的基本临床特征

指标	T2DM 组	T2DM-低骨量组	T2DM-骨质疏松组(例)	F/H/X	p
25-羟维生素 DHR (心率)	15.97 (11.5)	15.71 (10.33)	13.13 (10.19) ^{ab}	14.317	0.001
GLU	7.23 (3.80)	8.44 (4.73)	9.70 (6.91) ^{ab}	33.063	<0.001
TG	3.89 (1.34)	4.17 (1.44)	4.54 (1.92) ^{ab}	16.958	<0.001
TC	1.46 (1.18)	1.56 (1.43)	2.13 (2.06) ^{ab}	18.979	<0.001
HDL-C	1.04 (0.33)	0.96 (0.34)	0.89 (0.29) ^a	14.459	0.001
LDL-C	2.35 (1.02)	2.54 (1.07)	2.70 (1.27) ^{ab}	13.097	0.001
糖化血红蛋白	8.60 (3.00)	8.90 (3.65)	9.55 (3.03) ^a	7.651	0.022
METSIR	25.98 (5.79)	28.28 (6.31) ^a	29.59 (5.75) ^{ab}	29.990	<0.001
TyG	9.17 (1.12)	9.40 (0.99) ^a	9.76 (1.18) ^{ab}	40.412	<0.001
年龄	54.5 (15.00)	58.50 (18.00)	60.50 (14.00) ^a	11.656	0.003
BMI	25.22 (3.62)	24.99 (3.77)	23.74 (4.14) ^{ab}	10.049	0.007
HB	145.50 (27.00)	143.50 (23.75)	139.50 (22.50)	4.623	0.099
WBC	6.71 (2.62)	6.38 (2.09)	6.06 (2.42)	2.816	0.245
PLT	211.00 (78.25)	213.00 (79.00)	218.00 (81.50)	0.902	0.637
TBIL	10.92 (6.88)	10.57 (7.17)	10.58 (6.36)	0.005	0.998
BC	2.96 (1.55)	2.66 (1.77)	2.35 (2.05)	4.806	0.090
BU	7.21 (4.65)	6.97 (5.18)	6.91 (4.64)	0.088	0.957
ALB	40.51 (4.68)	40.07 (6.13)	39.82 (5.02)	1.343	0.511
ALT	21.25 (17.40)	21.00 (19.80)	18.70 (14.30)	1.435	0.488
AST	16.85 (9.20)	17.80 (10.73)	16.60 (9.00)	0.147	0.929
eGFR	111.59 (37.87)	109.85 (32.91)	112.54 (32.20)	4.307	0.116
尿肌酐	10.73 (8.92)	8.19 (7.89)	8.11 (6.12)	11.153	0.004
尿白蛋白/肌酐	2.29 (8.66)	2.31 (6.56)	2.15 (5.70)	0.297	0.862
尿微量白蛋白	26.10 (93.95)	17.10 (37.78)	18.80 (47.33)	1.950	0.377
HR	77.00 (17.00)	79.00 (17.75)	80.50 (18.25)	3.282	0.194
男	98 (72.59)	97 (59.15)	30 (34.09)	32.567	<0.001
女	37 (27.41)	67 (40.85)	58 (65.91)	32.567	<0.001
糖尿病自主神经病变	3 (2.22)	5 (3.16)	1 (1.16)	4.318	0.365
糖尿病肾病史	52 (38.52)	52 (31.71)	34 (38.64)	3.182	0.528
糖尿病视网膜病史	37 (27.41)	49 (29.88)	25 (28.41)	0.225	0.894

续表

糖尿病周围血管病变	97 (71.85)	115 (70.12)	59 (67.05)	0.588	0.745
糖尿病周围神经病	97 (71.85)	103 (62.80)	57 (64.77)	2.853	0.240
糖尿病足	8 (5.93)	4 (2.44)	1 (1.14)	4.507	0.105
低血糖病史	1 (0.74)	0 (0.00)	0 (0.00)	3.721	0.445
吸烟史	58 (42.96)	49 (29.88)	22 (25.00)	9.264	0.01
饮酒史	26 (19.26)	23 (14.02)	14 (15.91)	1.500	0.472
高血压	52 (38.52)	86 (52.44)	39 (44.32)	9.113	0.167

注：^a与骨量正常组相比， $p < 0.05$ ；^b与骨量减少组比较， $p < 0.05$ 。

3.2. 各相关因素与骨质疏松严重程度的 Spearman 相关分析

经 Spearman 相关分析，年龄、总胆固醇、低密度脂蛋白、METS-IR、TyG 与糖尿病发生骨质疏松的疾病进展呈正相关($p < 0.05$)，高密度脂蛋白、25 羟维生素 D 与糖尿病发生骨质疏松的疾病进展呈负相关($p < 0.05$)。见表 2。

Table 2. Analysis of the correlation between the related factors and the severity of osteoporosis
表 2. 各相关因素与骨质疏松严重程度的相关性分析

因素	r	p
年龄	0.174	0.001
TG	0.203	<0.001
HDL-C	-0.192	<0.001
LDL-C	0.184	<0.001
METSIR	0.278	<0.001
TyG	0.320	<0.001
25 羟维生素 D	-0.164	0.001

3.3. T2DM 合并 OP 的多因素 Logistic 回归分析

以 2 型糖尿病合并骨质疏松为因变量，年龄、总胆固醇、高密度脂蛋白、低密度脂蛋白、METS-IR、TyG 为自变量，进行 Logistic 回归分析。结果显示，年龄、总胆固醇、高密度脂蛋白、低密度脂蛋白、METS-IR、TyG 是 2 型糖尿病合并骨质疏松的独立影响因素(均 $p < 0.05$)。其中高密度脂蛋白为保护性因素，年龄、总胆固醇、低密度脂蛋白、METS-IR、TyG 为危险因素。见表 3。

Table 3. Multivariate Logistic regression analysis of T2DM with OP
表 3. T2DM 合并 OP 的多因素 Logistic 回归分析

项目	B	S	WaldX ²	p 值	OR (95%CI)
年龄	0.027	0.009	8.160	0.004	(0.008, 0.045)
TG	0.313	0.080	15.144	0.001	(0.155, 0.470)

续表

HDL-C	-1.245	0.346	12.977	0.001	(-1.923, -0.568)
LDL-C	0.436	0.108	16.267	0.001	(0.224, 0.647)
METS-IR	0.110	0.019	32.818	0.001	(0.072, 0.147)
TyG	0.775	0.121	41.138	0.001	(0.538, 1.012)

4. 结论

T2DM 患者胰岛素抵抗与骨质疏松症风险具有相关性。T2DM 患者的胰岛素抵抗程度越高, 患骨质疏松症的风险就越大。这项研究将帮助临床医生评估 T2DM 女性患者患骨质疏松症的风险, 并做出适当的早期干预。

5. 讨论

一项针对老年人[15]的队列研究表明, 胰岛素抵抗与骨密度增加有关。过量的胰岛素和其他合成代谢激素(如胰液淀粉样肽、胰岛素样生长因子和甲状旁腺激素)的协同作用可以增加骨密度[16]。然而, 我们的结果不同, 这可能是由于研究人群的异质性, 例如年龄、性别、种族和更年期。同时有报道[17] T2DM 患者显著的胰岛素抵抗与低骨密度有关。这与我们得到的结果一致。T2DM 患者通常伴有轻度炎症, 慢性炎症可通过氧化应激导致骨质疏松症的发展[18]。Weber 等人推测胰岛素抵抗和骨质疏松症之间的关系可能不是线性的, 并且存在阈值效应[19]。此外, 随着胰岛素抵抗的增加, 其他相关因素, 如促炎细胞因子, 也增加了, 这对骨骼健康产生不利影响, 超过了胰岛素对骨骼的合成代谢作用, 导致骨密度降低。

这项研究表明, 在 387 名 T2DM 患者中, 有 88 名(22.7%)发生了 OP。TyG、METS-IR 为 T2DM 合并 OP 的影响因素。回归分析表明, TyG、METS-IR 水平高的患者更易发生 OP。显然, TyG、METS-IR 是 T2DM 患者合并 OP 的理想预测指标, 因为它的便利性和可负担性, 尤其在基层医院。这一结果充分证明了 TyG、METS-IR 是有价值的生化指标, 对 T2DM 合并 OP 具有潜在的预测价值, 具有临床推广和应用价值。

我们的研究有一些局限性。首先, 这是一项单中心回顾性研究, 容易受到信息偏差和选择偏差的影响, 例如, BMD 数据缺失的比例较高, 可能会影响样本的代表性。需要扩展样本量以获得更准确的 TyG、METS-IR 阈值。其次, 可能存在影响我们结果的未知混杂因素。例如, 血清糖尿病药物[20]是影响骨骼健康的重要因素。胰岛素抵抗与骨质疏松症之间的关系很复杂, 尚未完全了解。需要进一步的研究来阐明两者之间的关系。

声 明

所有数据不包含可被人为识别的个人信息, 所以无需知情同意。

参考文献

- [1] Compston, J.E., McClung, M.R. and Leslie, W.D. (2019) Osteoporosis. *The Lancet*, **393**, 364-376. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(18\)32112-3](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(18)32112-3)
- [2] Oei, L., Rivadeneira, F., Zillikens, M.C. and Oei, E.H.G. (2015) Diabetes, Diabetic Complications, and Fracture Risk. *Current Osteoporosis Reports*, **13**, 106-115. <https://doi.org/10.1007/s11914-015-0260-5>
- [3] Shanbhogue, V.V., Mitchell, D.M., Rosen, C.J. and Boussein, M.L. (2016) Type 2 Diabetes and the Skeleton: New Insights into Sweet Bones. *The Lancet Diabetes & Endocrinology*, **4**, 159-173. [https://doi.org/10.1016/s2213-8587\(15\)00283-1](https://doi.org/10.1016/s2213-8587(15)00283-1)

- [4] Cersosimo, E., Solis-Herrera, C., Trautmann, M., Malloy, J. and Triplitt, C. (2014) Assessment of Pancreatic β -Cell Function: Review of Methods and Clinical Applications. *Current Diabetes Reviews*, **10**, 2-42. <https://doi.org/10.2174/1573399810666140214093600>
- [5] Bello-Chavolla, O.Y., Almeda-Valdes, P., Gomez-Velasco, D., Viveros-Ruiz, T., Cruz-Bautista, I., Romo-Romo, A., *et al.* (2018) METS-IR, a Novel Score to Evaluate Insulin Sensitivity, Is Predictive of Visceral Adiposity and Incident Type 2 Diabetes. *European Journal of Endocrinology*, **178**, 533-544. <https://doi.org/10.1530/eje-17-0883>
- [6] Borai, A., Livingstone, C. and Ferns, G.A.A. (2007) The Biochemical Assessment of Insulin Resistance. *Annals of Clinical Biochemistry: International Journal of Laboratory Medicine*, **44**, 324-342. <https://doi.org/10.1258/000456307780945778>
- [7] Simental-Mendía, L.E., Rodríguez-Morán, M. and Guerrero-Romero, F. (2008) The Product of Fasting Glucose and Triglycerides as Surrogate for Identifying Insulin Resistance in Apparently Healthy Subjects. *Metabolic Syndrome and Related Disorders*, **6**, 299-304. <https://doi.org/10.1089/met.2008.0034>
- [8] Ahn, S.H., Kim, H., Kim, B., Lee, S.H. and Koh, J. (2015) Insulin Resistance and Composite Indices of Femoral Neck Strength in Asians: The Fourth Korea National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES IV). *Clinical Endocrinology*, **84**, 185-193. <https://doi.org/10.1111/cen.12958>
- [9] Park, H.T., Cho, G.J., Ahn, K.H., Shin, J.H., Hong, S.C., Kim, T., *et al.* (2009) Thyroid Stimulating Hormone Is Associated with Metabolic Syndrome in Euthyroid Postmenopausal Women. *Maturitas*, **62**, 301-305. <https://doi.org/10.1016/j.maturitas.2009.01.007>
- [10] Shah, V.N., Sippl, R., Joshee, P., Pyle, L., Kohrt, W.M., Schauer, I.E., *et al.* (2017) Trabecular Bone Quality Is Lower in Adults with Type 1 Diabetes and Is Negatively Associated with Insulin Resistance. *Osteoporosis International*, **29**, 733-739. <https://doi.org/10.1007/s00198-017-4353-0>
- [11] Ahmad, O.S., Leong, A., Miller, J.A., Morris, J.A., Forgetta, V., Mujammami, M., *et al.* (2016) A Mendelian Randomization Study of the Effect of Type-2 Diabetes and Glycemic Traits on Bone Mineral Density. *Journal of Bone and Mineral Research*, **32**, 1072-1081. <https://doi.org/10.1002/jbmr.3063>
- [12] 中华医学会糖尿病学分会. 中国 2 型糖尿病防治指南(2020 年版) [J]. 中华内分泌代谢杂志, 2021, 37(4): 311-398.
- [13] Professor Kanis, J.A., Melton, L.J., Christiansen, C., Johnston, C.C. and Khaltayev, N. (1994) The Diagnosis of Osteoporosis. *Journal of Bone and Mineral Research*, **9**, 1137-1141. <https://doi.org/10.1002/jbmr.5650090802>
- [14] Hu, L., Zeng, X., Wei, X., Wang, H., Wu, Y., Gu, W., *et al.* (2020) Interface Engineering for Enhancing Electrocatalytic Oxygen Evolution of NiFe LDH/NiTe Heterostructures. *Applied Catalysis B: Environmental*, **273**, Article 119014. <https://doi.org/10.1016/j.apcatb.2020.119014>
- [15] Napoli, N., Conte, C., Pedone, C., Strotmeyer, E.S., Barbour, K.E., Black, D.M., *et al.* (2019) Effect of Insulin Resistance on BMD and Fracture Risk in Older Adults. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, **104**, 3303-3310. <https://doi.org/10.1210/je.2018-02539>
- [16] Fornari, R., Marocco, C., Francomano, D., Fittipaldi, S., Lubrano, C., Bimonte, V.M., *et al.* (2017) Insulin Growth Factor-1 Correlates with Higher Bone Mineral Density and Lower Inflammation Status in Obese Adult Subjects. *Eating and Weight Disorders-Studies on Anorexia, Bulimia and Obesity*, **23**, 375-381. <https://doi.org/10.1007/s40519-017-0362-4>
- [17] Arian, S., Tuzcu, A., Bahceci, M., Ozmen, S. and Gokalp, D. (2012) Insulin Resistance in Type 2 Diabetes Mellitus May Be Related to Bone Mineral Density. *Journal of Clinical Densitometry*, **15**, 186-190. <https://doi.org/10.1016/j.jocd.2011.11.005>
- [18] Tonks, K.T., White, C.P., Center, J.R., Samocha-Bonet, D. and Greenfield, J.R. (2017) Bone Turnover Is Suppressed in Insulin Resistance, Independent of Adiposity. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, **102**, 1112-1121. <https://doi.org/10.1210/je.2016-3282>
- [19] Mesinovic, J., McMillan, L.B., Shore-Lorenti, C., Zengin, A., De Courten, B., Ebeling, P.R., *et al.* (2019) Sex-Specific Associations between Insulin Resistance and Bone Parameters in Overweight and Obese Older Adults. *Clinical Endocrinology*, **90**, 680-689. <https://doi.org/10.1111/cen.13947>
- [20] Lee, H.S. and Hwang, J.S. (2020) Impact of Type 2 Diabetes Mellitus and Antidiabetic Medications on Bone Metabolism. *Current Diabetes Reports*, **20**, Article No. 78. <https://doi.org/10.1007/s11892-020-01361-5>