

doi: 10.13241/j.cnki.pmb.2015.17.018

· 临床研究 ·

II 型糖尿病患者血糖对肝功能和血脂的影响及其意义 *

罗 苗¹ 李军民² 李梦颖¹ 谈 昀² 王俊红³ 权晓娟³ 张 磊¹ 刘寒强^{1△} 王 枫^{1△}

(1 第四军医大学营养与食品卫生学教研室 陕西 西安 710032; 2 武警陕西总队医院检验科 陕西 西安 710054;

3 西安交通大学第二附属医院内分泌科 陕西 西安 710004)

摘要 目的:探讨 II 型糖尿病患者血糖浓度对患者肝功能及血脂指标的影响及其意义。**方法:**选取某三级甲等医院内分泌科已确诊为 II 型糖尿病患者 408 例,根据空腹血糖浓度(FPG)分为三组:(A 组,FPG <8.0 mmol/L; B 组,8.0 ≤ FPG <11.0 mmol/L; C 组,FPG ≥ 11 mmol/L),检测三组患者的肝功能指标及血脂指标,进而对其肝功能损害及血脂的异常情况进行分析,其数据结果应用统计学软件 SPSS 17.0 处理。**结果:**与 A 组及 B 组相比较,C 组患者肝功能损伤更为严重,表现为:肝酶显著升高(P<0.05);胆红素显著升高(P<0.05);球蛋白显著升高(P<0.05);总胆固醇、甘油三酯水平异常(P<0.05)。其结果均有统计学意义。**结论:**II 型糖尿病患者随着其血糖浓度升高可造成肝功能损伤及血脂异常,血糖监测及控制对糖尿病患者的身体健康状况具有重要意义。

关键词:糖尿病;肝功能;血脂

中图分类号:R587.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1673-6273(2015)17-3268-05

Effect of Blood Glucose Level on Liver Function and Blood Lipid in Type II Diabetes Mellitus*

LUO Miao¹, LI Jun-mir², LI Meng-ying¹, TAN Yun², WANG Jun-hong³, QUAN Xiao-juan³, ZHANG Lei¹, LIU Han-qiang^{1△}, WANG Feng^{1△}

(1 Department of Nutrition and food hygiene, The Fourth Military Medical University, Xi'an, Shaanxi, 710032, China;

2 Department of clinical laboratory, Shaanxi General Hospital of Chinese People's Armed Police Force, Xi'an, Shaanxi, 710054, China;

3 Department of endocrinology, The second affiliated hospital of Medical College of Xi'an Jiaotong University, Xi'an, Shaanxi, 710004, China)

ABSTRACT Objective: To analysis the effect of blood glucose level on liver function and blood lipid in type II diabetes mellitus patients. **Methods:** 408 patients newly diagnosed with type II diabetes mellitus aged from 14 to 89 years from November 2013 to May 2014 were collected. All patients were divided into three groups according to the concentration of fasting plasma glucose (FPG) (group A, the FPG<8.0 mmol/L; group B, 8.0mmol/L ≤ FPG<11.0 mmol/L, group C, FPG ≥ 11.0 mmol/L). The liver function and blood lipids were detected, then analysis for the influence and statistical significance between liver function, blood lipid and type II diabetes mellitus patients' blood glucose level were performed by SPSS 17.0. **Results:** Compared with group A and group B, group C was more obvious in the rise of ALT, AST (P<0.05), characterized by a significant rise in liver enzymes and bilirubin (P<0.05),and GLB level had significant increase (P<0.05); TC and TG level were abnormal (P<0.05). **Conclusions:** Type II diabetes mellitus patients with higher blood glucose level can cause more serious liver damage and dyslipidemia. The surveillance and control of blood glucose have an important significance for the health of the type II diabetes mellitus patients.

Key words: Type II Diabetes Mellitus (T2DM); Liver Function; Blood Lipid

Chinese Library Classification(CLC): R587.1 **Document code:** A

Article ID: 1673-6273(2015)17-3268-05

前言

糖尿病已成为继肿瘤、心脑血管疾病之后第 3 位威胁人类健康的重大非传染性疾病。目前,全世界约有 1.51 亿糖尿病患者,预计 2025 年全球的糖尿病患者总数将达到 3.24 亿^[1],而我国有 9 千余万 II 型糖尿病 (Type II Diabetes Mellitus, T2DM)

患者将成为全球糖尿病第一大国。我国 20 岁以上成人 T2DM 患病率已经达到 9.7%,因此,早期诊断和合理的治疗方法尤为重要^[2-4]。糖尿病患者常伴有多种并发症,造成多组织和器官的损伤。已有研究显示,在 T2DM 的进展过程中,肝脏转氨酶 (AST、ALT、GGT)可作为其独立的危险因素^[5-7];然而,目前关于糖尿病患者发生肝损伤的证据及原因并不十分明确。因此,本

* 基金项目:国家自然科学基金项目(81201928)

作者简介:罗苗(1987-),女,硕士,主要研究方向:糖尿病分子流行病学研究,电话:13227751313, E-mail:luomiao1313@163.com

△ 通讯作者:王枫,电话:029-84774481, E-mail:wffeng@fmmu.edu.cn;刘寒强, E-mail:liuhanqiangvip@163.com

(收稿日期:2015-01-13 接受日期:2015-02-09)

研究基于大样本人群进行分析研究,探讨 T2DM 患者血糖浓度对肝功能及血脂的影响,为 T2DM 并发症的诊断及其治疗提供理论依据。

1 对象和方法

1.1 研究对象来源

收集西安交通大学第二附属医院及陕西武警医院(三级甲等医院)2013 年 11 月~2014 年 5 月的确诊为 T2DM 的患者 408 例。其中男性 256 例,年龄 58(21-90)岁;女性 152 例,年龄 61 (14-87) 岁。诊断及排除标准:(1) 诊断依据根据 1980 年及 1988 年 WHO 关于糖尿病的诊断标准^[89];(2)排除标准:①伴有糖尿病酮症酸中毒、糖尿病高渗性昏迷等糖尿病性并发症;②近 3 月内有急性或慢性感染,如结核、乙型或丙型病毒性肝炎;③合并恶性肿瘤;④近期内服用任何剂量和类型糖皮质激素和免疫抑制剂;⑤合并风湿或结缔组织疾病。

1.2 方法

1.2.1 方法与仪器 所有研究对象均采集空腹 12 小时后静脉血 5 mL,然后分离血清,采用临床检验科全自动生化分析仪(OLYMPUS AU5400)检测血清中空腹血糖(FPG)、丙氨酸氨基转移酶(ALT)、门冬氨酸氨基转移酶(AST)、总蛋白(TP)、白蛋白(ALB)、球蛋白(GLB)、总胆红素(TBIL)、直接胆红素(DBIL)、间接胆红素(IBIL)、总胆固醇(TC)、甘油三酯(TG)、高密度脂蛋白

(HDL)、低密度脂蛋白(LDL)、载脂蛋白 A1(ApoA1)、载脂蛋白 B(ApoB)。

1.2.2 分组与生化指标检测 根据患者 FPG 分为三组,A 组(FPG <8.0 mmol/L 184 例),B 组(8.0 ≤ FPG <11.0 mmol/L 144 例),C 组(FPG ≥ 11 mmol/L 80 例)。FPG 采用葡萄糖氧化酶法,ALT、AST 采用速率法;TP、ALB、GLB 采用双缩脲法,TBIL、DBIL、IBIL 采用钒酸酸化法,TC、TG、HDL、LDL、ApoA1、ApoB 采用胆固醇氧化酶法、磷酸甘油氧化酶法及直接酶法。

1.3 统计学分析

计量数据以均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示,采用 SPSS 17.0 统计软件进行单因素方差分析法,即 one-way ANOVA 进行差异性统计,使用 Turkey 检验进行组间检验、校正。所有数据比较,P<0.05 认为有统计学意义。

2 结果

2.1 入组患者的一般资料

本研究共收集 T2DM 患者 408 例,男性 256 例,年龄 58(21-90)岁,女性 152 例,年龄 61(14-87)岁,体重 70.29±13.03,腰围 86.15±21.77,BMI 24.74±3.38。在各项人口学基本特征数据中,除 B 组患者腰围与 A 组相比较具有显著性差异之外(P<0.05),其余各项指标在三组之间均无统计学差异(P>0.05)(表 1)。

表 1 三组患者一般资料的比较

Table 1 Comparison of general information of patients in three groups

Characteristics	Group A(n=184)	Group B(n=144)	Group C(n=80)
Age, years	61(14-88)	61(32-89)	58(26-82)
Male, n(%)	109(58.7)	95(65.97)	52(65.00)
Female, n(%)	75(41.3)	49(34.03)	28(35.00)
Weight(kg)	73.1±13.02	74.84±13.47	73.75±12.21
Waist Perimeter(cm)	83(66-114)	89(71-112)*	88(77-108)
BMI, kg/m ²	25.04±3.82	24.99±2.81	25.04±2.86
Smoking, n(%)	68(36.96)	68(47.22)	42(52.5)
Alcohol drinking, n(%)	23(12.5)	22(15.28)	18(22.5)
FPG(mmol/L)	7.52±0.29	9.17±0.82	14.25±2.59

Note: *, waist circumference of patients in Group B compared with group A had significantly difference, P<0.05. There was no statistical difference among three groups in other characteristics, P>0.05.

2.2 三组间肝脏酶水平 ALT、AST 的比较

本研究显示,随着血糖升高,ALT 和 AST 也明显升高。A、

B、C 三组之间进行两两比较,均有统计学差异(P<0.05)。见图 1。

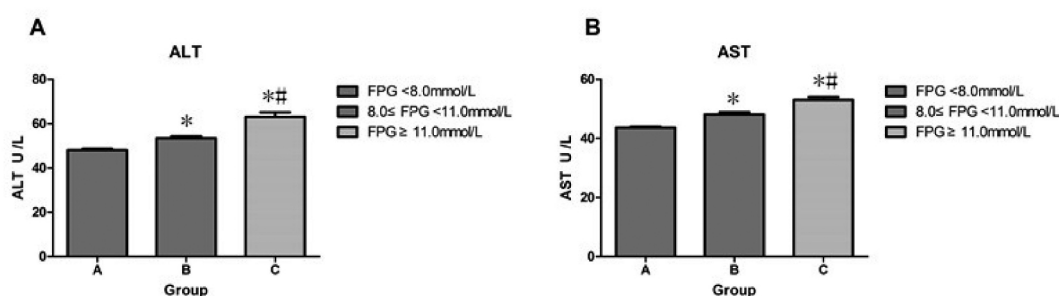


图 1 三组间肝脏酶水平 ALT、AST 的比较

Fig. 1 ALT, AST levels among three groups

Note: Data were expressed as $\bar{x} \pm s$, n=184 in Group A, n=144 in Group B, n=80 in Group C, *P<0.05, compared with Group A; #P<0.05, compared with Group B.

2.3 三组间总蛋白、白蛋白、球蛋白的比较

本研究中,血糖升高时 TP 轻微升高,ALB 水平稍有下降,但其差异不显著;而 GLB 呈显著性升高。TP 在 A、C 组间有统计学差异($P<0.05$),而在 A、B 组间或 B、C 组间均无统计学差

异($P>0.05$);ALB 在各组间均无统计学差异($P>0.05$);GLB 在 A、B 组间无统计学差异($P>0.05$),而在 A、C 组间或 B、C 组间均有统计学差异($P<0.05$)。见图 2。

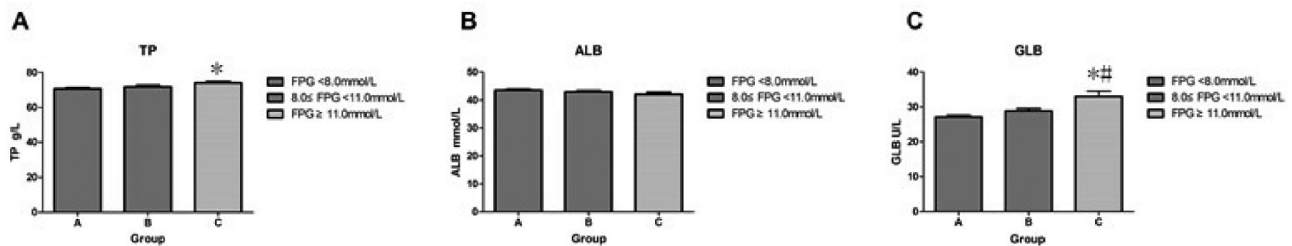


图2 三组间 TP、ALB、GLB 的比较

Fig. 2 Comparison of TP, ALB, GLB among three groups

Note: Data were expressed as $\pm s$, $n=184$ in Group A, $n=144$ in Group B, $n=80$ in Group C, * $P<0.05$, compared with Group A;

$P<0.05$, compared with Group B.

2.4 三组间胆红素 TBIL、DBIL、IBIL 的比较

本研究中, TBIL、DBIL 显著增高;IBIL 虽也有增高但其变化差异不明显。TBIL 和 DBIL 在 A、B 组间以及 A、C 组间有统

计学差异($P<0.05$),然而在 B、C 组间无统计学差异($P>0.05$);IBIL 在 A、B 组间, A、C 组间以及 B、C 组间均无统计学差异($P>0.05$),见图 3。

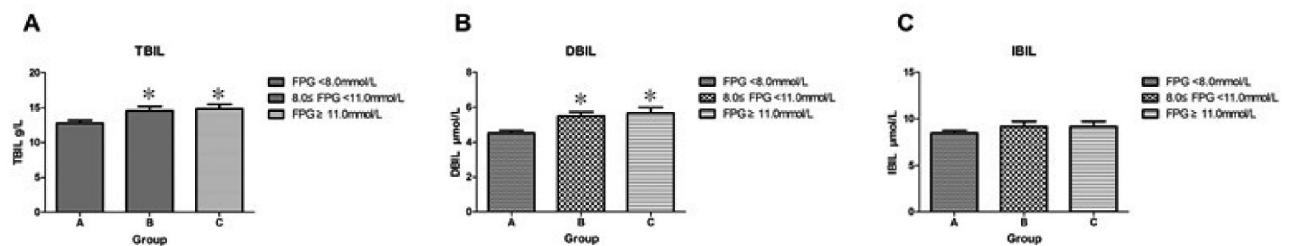


图3 三组间胆红素 TBIL、DBIL、IBIL 的比较

Fig. 3 Comparison of bilirubin TBIL, DBIL, IBIL among three groups

Note: Data were expressed as $\pm s$, $n=184$ in Group A, $n=144$ in Group B, $n=80$ in Group C, * $P<0.05$, compared with Group A.

2.5 三组间血脂及脂蛋白的比较

本研究中, TC、TG、LDL、ApoB 等指标显著升高; HDL、ApoA1 指标明显下降。TC 在 A 组、B 组、C 组三组之间进行两两比较,均有统计学差异($P<0.05$); TG 在 A、B 组间无统计学差异($P>0.05$),然而在 A、C 组间, B、C 组间均有统计学差异($P<0.05$); HDL 在 A、B 组间, A、C 组间均有统计学差异($P<0.05$), B、C 组

间无统计学差异($P>0.05$); LDL 在 A、C 组间, B、C 组间均有统计学差异($P<0.05$), A、B 组间无统计学差异($P>0.05$); ApoA1 在 A 组、B 组、C 组三组之间进行两两比较,组间均无统计学差异($P>0.05$); ApoB 在 A、B 组间, B、C 组间无统计学差异($P>0.05$), A、C 组间有统计学差异($P<0.05$),见图 4。

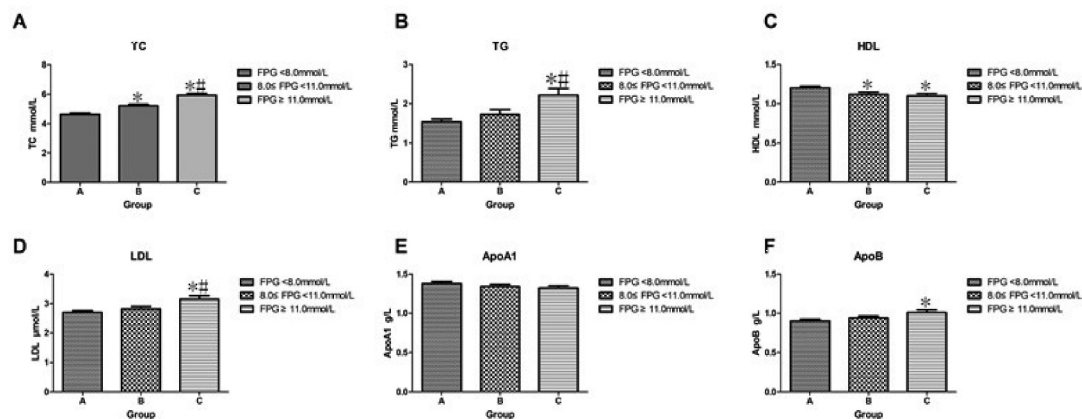


图4 三组间血脂及脂蛋白的比较

Fig. 4 The comparison of blood lipid and lipoprotein among three groups

Note: Data were expressed as $\pm s$, $n=184$ in Group A, $n=144$ in Group B, $n=80$ in Group C, * $P<0.05$, compared with Group A;

$P<0.05$, compared with Group B.

3 讨论

近年来,随着我国糖尿病发病率不断升高,糖尿病已经成为继心血管及肿瘤之后的第三大非传染性疾病,给患者带来较大的痛苦^[10,11]。肝脏是与生命活动密切相关的器官。具有一系列重要的生理功能,如糖、蛋白质、脂肪的代谢,同时也是维持血糖稳定的重要器官。II型糖尿病患者常伴有脂质代谢异常^[12],有些物质如蛋白质、胆固醇等在肝脏内合成。所以,关注高血糖人群是否伴有肝功能紊乱是十分必要的。有研究表明,血脂含量指标是糖尿病、心血管病以及冠心病等疾病的重要诊断依据,且大多数糖尿病患者均伴有血脂代谢功能紊乱^[13,14]。在本实验中,根据人口学基本特征的调查统计,吸烟、饮酒习惯与空腹血糖浓度无明显关联,空腹血糖浓度不同的患者间体型差异不显著。但有研究显示吸烟可明显增加患II型糖尿病的风险^[15]。这可能是一些混杂因素(抽烟年限、个体差异等)对结果产生的影响。

我们的研究结果发现,FPG ≥ 8.0 mmol/L,ALT、AST显著升高,证实了糖尿病患者确实存在一定程度的肝损伤。曾有研究报道,ALT升高可能为糖尿病自然进程早期的变化之一^[16]。由于肝脏的强代偿能力,肝功能损伤较轻微的患者往往不具有自觉症状,这常常导致患者对肝脏健康的忽视。然而,一旦发生黄疸等明显症状,则代表体内的肝细胞破坏,患者的免疫系统,肝脏的一系列代谢功能都受到了不同程度的损伤。如果能及时进行肝脏保护的措施必然能进一步提高糖尿病患者的健康状况。同时,慢性高胰岛素血症使肝脏对胰岛素抑制糖异生的作用产生相对抵抗,从而直接导致胰岛素抵抗^[17],也进一步影响了糖尿病患者的血糖控制。

反映肝细胞合成功能的指标包括TP、ALB、GLB等,一旦肝脏合成功能下降,以上指标在血液中浓度随之降低,其降低程度与肝脏合成功能损害程度呈正相关。我们的实验结果表明,随着血糖逐渐升高,当空腹血糖浓度大于11.1 mmol/L时,糖尿病患者白蛋白出现了轻微的下降趋势;相应的,总蛋白、球蛋白含量在空腹血糖大于11.1 mmol/L时已明显增加。这说明糖尿病患者肝脏蛋白合成能力受到损伤,其免疫系统功能也需关注。

血胆红素也是评价肝功能的重要指标,反映肝脏胆红素代谢的能力。当肝细胞发生病变时,细胞肿胀,胆汁排泄途径受阻,则会使血液中直接胆红素含量升高。实验结果表明,在空腹血糖浓度大于8.0 mmol/L时,直接胆红素的升高已具有显著性,即糖尿病早期已发生了肝损伤。因此,尽早实施肝脏保护措施是十分必要的。有研究证实,胆红素与代谢综合征、糖尿病及动脉粥样硬化等密切相关^[18-22]。

血脂异常会影响肝功能,同样的,肝功能异常亦会导致脂代谢紊乱。TC、TG、HDL、LDL、ApoA1和ApoB等是衡量血脂水平的最常用指标。本研究结果显示,随着血糖浓度增高,血液中HDL含量降低,TC、TG、LDL升高,ApoA1及ApoB变化虽然不具有显著性,但也分别显示出下降和上升的趋势。这些变化表明,当血糖浓度升高时,HDL降低,使脂肪在肝细胞中堆积从而形成脂肪肝,而脂肪肝被认为是引起糖尿病相关性肝损伤的最常见原因;II型糖尿病患者发生心血管疾病的风险同样升

高,有研究报道,2型糖尿病患者合并高血压疾病的发病率较普通人群患高血压概率明显上升^[23,24]。流行病学研究也证实血脂异常是T2DM发生的独立且重要的危险因素,血脂检测可判断糖尿病患者的发病状况与疾病进展^[25]。因此,我们建议糖尿病患者,尤其是空腹血糖浓度高于11.1 mmol/L的患者应积极监测和控制血脂。

本实验通过对408例T2DM患者肝功能及血脂各项的检测结果进行分析,证实了T2DM患者随着血糖浓度的增高,血糖浓度与肝功能及血脂异常之间存在着一定的关系。因此,联合检测肝功能及血脂状况对早期预防糖尿病并发症具有重要意义。在下一步研究中,我们将进行分子机制方面研究,为本实验所反映的现象做出进一步论证和分析。

参考文献(References)

- [1] 纪立农. 2型糖尿病遗传病因学研究的现状和展望[J]. 中国医学科学院学报, 2006, 28(02): 278-283
Ji Li-nong. Current status and prospect of research in type 2 diabetes mellitus genetic etiology [J]. Acta Academiae Medicinae Sinicae, 2006, 28(02): 278-283
- [2] 王邦琼,张先祥,罗涌. 新诊2型糖尿病患者血清缺血修饰蛋白与糖化血红蛋白相关性分析[J]. 重庆医学, 2014, 43(06): 767-768
Wang Bang-qiong, Zhang Xian-xiang, Luo Yong. New diagnosis of type 2 diabetes mellitus patients serum ischemia modified albumin and glycosylated hemoglobin correlation analysis [J]. Chongqing Medicine, 2014, 43(06): 767-768
- [3] 景斐,郑冬梅,管庆波,等. 肠促胰素类药物在2型糖尿病治疗中的作用及评价[J]. 药品评价, 2013, 10(13): 28-31
Jing fei, Zheng Dong-mei, Guan Qing-bo, et al. The role of intestine pancreatic hormone-stimulating drugs in the treatment of type 2 diabetes mellitus and their evaluation [J]. Drug Evaluation, 2013, 10(13): 28-31
- [4] 尚霞,唐国斌. 胰岛素泵持续皮下胰岛素输注转为多次皮下胰岛素注射治疗2型糖尿病的疗效比较及用量探讨[J]. 中国全科医学, 2011, 14(12B): 4042-4044
Shang xia, Tang Guo-bin. Effect of continuous subcutaneous infusion with insulin pump on type 2 diabetes [J]. Chinese General Practice, 2011, 14(12B): 4042-4044
- [5] Huang J, Dai C, Yu M, et al. Abnormal liver function test predicts type 2 diabetes: a community-based prospective study: response to Cho et al [J]. Diabetes care, 2008, 31(6): e53
- [6] Balkau B, Lange C, Vol S, et al. Nine-year incident diabetes is predicted by fatty liver indices: the French DESIR study[J]. BMC Gastroenterology, 2010, 10(56): 1-9
- [7] 刘子砚,邓华聪. 糖尿病及糖尿病前期与肝功能转氨酶相关性研究进展[J]. 贵州医药, 2014, 38(03): 278-280
Liu Zi-yan, Deng Hua-cong. Diabetes and pre-diabetes and liver transaminase correlation research progress [J]. Guizhou Medical Journal, 2014, 38(03): 278-280
- [8] Definition and diagnosis of diabetes mellitus and intermediate hyperglycemia: report of a WHO/IDF consultation[J]. Geneva: World Health Organization, 2006, 21. ISBN 978-92-4-159493-6
- [9] 王正,陈邦余,吴婵娟,等. 瑞格列奈与二甲双胍联合治疗90例2型糖尿病的疗效观察[J]. 中国现代医生, 2011, 49(14): 48-49

- Wang Zheng, Chen Bang-yu, Wu Chan-juan, et al. Observation of curative effect of repaglinide and metformin combination therapy on 90 cases of patients with type 2 diabetes mellitus [J]. Modern Chinese Doctor, 2011, 49(14): 48-49
- [10] 叶强, 赵亚丽, 黎月秋, 等. 二甲双胍对 T2DM 患者同型半胱氨酸及大血管的影响[J]. 中国现代医生, 2014, 52(21): 27-29
- Ye Qiang, Zhao Ya-li, Li Yue-qiu, et al. The influence of metformin on homocysteine and great vessels in patients with T2DM [J]. Modern Chinese Doctor, 2014, 52(21): 27-29
- [11] 张季, 丁旭, 孔繁军, 等. 2 型糖尿病患者脂质代谢的临床研究[J]. 中国厂矿医学, 2001, 14(04): 37-38
- Zhang Ji, Ding Xu, Kong Fan-jun, et al. Clinical study on lipid metabolism in patients with type 2 diabetes [J]. Chinese Medicine of Factory and Mine, 2001, 14 (04): 37-38
- [12] 唐军苗. 对糖尿病血脂异常的认识[J]. 中国社区医师(医学专业), 2011, 13 (289): 222
- Tang Jun-miao. Understanding of diabetic dyslipidemia [J]. Chinese Community Doctors, 2011, 13(289): 222
- [13] 陈倩. 糖尿病患者血脂检验的临床价值分析 [J]. 医学美学与美容, 2014, 4(04): 203
- Chen Qian. The clinical value of diabetic patients with blood lipid test analysis[J]. Medical Aesthetics and Beauty, 2014, 4(04): 203
- [14] 肖美芳, 朱海萍, 时艳霞. 吸烟与 2 型糖尿病发生风险关系前瞻性研究的 meta 分析[J]. 中华护理杂志, 2013, 48(06): 539-542
- Xiao Mei-fang, Zhu Hai-ping, Shi Yang-xia. Cigarette smoking and risk for type 2 diabetes: a meta -analysis [J]. Chinese Journal of Nursing, 2013, 48(06): 539-542
- [15] Oka R, Aizawa T, Yagi K, et al. Elevated liver enzymes are related to progression to impaired glucose tolerance in Japanese men [J]. Diabetic Medicine, 2014, 31(5): 552-558
- [16] Auguet T, Terra X, Quintero Y, et al. Liver Lipocalin 2 Expression in Severely Obese Women With Non Alcoholic Fatty Liver Disease[J]. Experimental and Clinical Endocrinology & Diabetes, 2013, 121(2): 119-124
- [17] Choi S, Lee Y, Kweon S, et al. Association between Total Bilirubin and Hemoglobin A1c in Korean Type 2 Diabetic Patients [J]. Journal of Korean Medical Science, 2012, 27(10): 1196-1201
- [18] Jo J, Yun JE, Lee H, et al. Total, direct, and indirect serum bilirubin concentrations and metabolic syndrome among the Korean population [J]. Endocrine, 2011, 39(2): 182-189
- [19] Han SS, Na KY, Chae D, et al. High Serum Bilirubin Is Associated with the Reduced Risk of Diabetes Mellitus and Diabetic Nephropathy[J]. Tohoku Journal of Experimental Medicine, 2010, 221 (2): 133-140
- [20] Vitek L. The role of bilirubin in diabetes, metabolic syndrome, and cardiovascular diseases.[J]. Frontiers in pharmacology, 2012, 55 (3): 1-7
- [21] 丁和远, 徐东丽, 王芳, 等. 2 型糖尿病患者血清胆红素与尿白蛋白的相关性研究[J]. 临床内科杂志, 2013, 30 (05): 323-325
- Ding He-yuan, Xu Dong-li, Wang Fang, et al. Correlations between serum bilirubin levels and urinary albumin among type 2 diabetic patients [J]. Journal of Clinical Internal Medicine, 2013, 30 (05): 323-325
- [22] Pedersen SD. Metabolic complications of obesity[J]. Best Practice & Research Clinical Endocrinology & Metabolism, 2013, 27 (2): 179-193
- [23] Colosia AD, Palencia R, Khan S. Prevalence of hypertension and obesity in patients with type 2 diabetes mellitus in observational studies: a systematic literature review[J]. Diabetes Metab Syndr Obes, 2013, 6(02): 327-338
- [24] 王英杰. 2 型糖尿病患者血脂检验的临床意义[J]. 中国临床合理用药, 2014, 7(4B): 105
- Wang Ying-jie. Clinical significance of serum lipids in type 2 diabetes patients [J]. China J of Clinical Rational Drug Use, 2014, 7 (4B): 105
-
- (上接第 3267 页)
- Zhang Hang-zhou, Wang Lin, Tian Ang, et al. Research progress and clinical practice of TiO₂ nanotubes [J]. Chinese Journal of Tissue Engineering Research, 2013, 17(47): 8255-8262
- [19] 于晓琳, 邓飞龙. 阳极氧化法制备的二氧化钛纳米管在钛表面改性中的研究进展[J]. 国际口腔医学杂志, 2012, 39(1): 80-82
- Yu Xiao-lin, Deng Fei-long. Research progress on modifying Ti surfaces with TiO₂ nanotubes by anodic oxidation [J]. International Journal of Stomatology, 2012, 39(1): 80-82
- [20] 顾迎新, 赖红昌, 张志勇. 钛基种植体表面纳米管改性的研究进展[J]. 口腔材料器械杂志, 2012, 21(3): 145-148
- Gu Ying-xin, Lai Hong-chang, Zhang Zhi-yong. Research progress on nanotubular surface modification of titanium implants [J]. Chinese Journal of Dental Materials and Devices, 2012, 21(3): 145-148
- [21] Li Y, Xiong W, Zhang C, et al. Enhanced osseointegration and antibacterial action of zinc-loaded titania-nanotube-coated titanium substrates: in vitro and in vivo studies [J]. J Biomed Mater Res A, 2014, 102(11): 3939-3950
- [22] von Wilmsky C, Bauer S, Lutz R, et al. In vivo evaluation of anodic TiO₂ nanotubes: an experimental study in the pig[J]. J Biomed Mater Res B Appl Biomater, 2009, 89(1): 165-171