

DOI: 10.12037/YXQY.2019.07-02



扫一扫下载指南原文

基层2型糖尿病筛查专家共识

中国医疗保健国际交流促进会基层卫生分会

1 为什么要进行糖尿病筛查?

国际糖尿病联盟（International Diabetes Federation, IDF）最新数据显示，我国成人糖尿病患者1.14亿，未诊断糖尿病患者6130万人，另有糖尿病前期患者4680万人^[1]。糖尿病前期定义为空腹血糖受损（impaired fasting glucose, IFG）和（或）糖耐量减低（impaired glucose tolerance, IGT），在糖尿病前期人群中2型糖尿病（type 2 diabetes mellitus, T2DM）的发病率高达35.5 ~ 70.4/1000人年^[2]。由于早期T2DM症状多隐匿，故诊断常延迟4 ~ 7年^[3]。早在20世纪90年代，UKPDS研究^[4]发现，36%的患者在诊断为T2DM时已伴有微血管病变。欧洲心脏调查发现22%的急性心肌梗死患者有未确诊的T2DM^[5]。UKPDS系列研究表明，加强T2DM控制不仅能够降低新诊断T2DM患者微血管并发症的发生率^[4]，还与大血管并发症减少显著相关^[6]。大庆研究^[7]、欧洲三国ADDITION-Europe研究^[8]、英国Ely研究^[9]、瑞典VIP研究^[10]、芬兰DPS研究^[11]及Meta分析^[12,13]等进一步提供了高质量的证据，显示出早期筛查和干预不仅可以明显降低高危人群T2DM的发病风险，还能够显著降低与T2DM相关的全因死亡率。

美国预防服务工作组建议对40 ~ 70岁的超重或肥胖成年人进行筛查；如有糖尿病家族史或妊娠糖尿病（gestational diabetes mellitus, GDM）病史，或属于高风险种族，可在较早的年龄或较低的体质指数（body mass index, BMI）水平下进行筛查^[14]。美国糖尿病协会（American Diabetes Association, ADA）建议从45岁开始，对至少有1种糖尿病危险因素（超重或肥胖成年人）进行筛查，如结果正常，

其后每3年筛查1次^[15]。ADA推荐使用以下任何一种方法进行筛查：空腹血糖（fasting plasma glucose, FPG）、口服葡萄糖耐量试验（oral glucose tolerance test, OGTT）2 h血糖或糖化血红蛋白（glycated hemoglobin A1c, HbA1c）；如上述任何一项测试呈阳性，建议择日采用任何一种方法复查。美国临床内分泌医师协会（American Association of Clinical Endocrinologists, AACE）的筛查策略与ADA类似，但是其诊断糖尿病前期的HbA1c阈值更低，且AACE将HbA1c作为T2DM诊断的次要标准，需要通过FPG水平予以确定^[16]。中华医学会糖尿病学分会（Chinese Diabetes Society, CDS）颁布的《中国2型糖尿病防治指南（2017年版）》^[17]和《国家基层糖尿病防治管理指南（2018）》^[18]，建议对具有至少1项危险因素的高危人群应进一步行FPG或任意时点血糖筛查^[17]，或者每年至少检测1次FPG^[18]，阳性者或条件允许时行OGTT^[17,18]。此外，CDS亦推荐采用中国糖尿病风险评分表，对20 ~ 74岁普通人群进行糖尿病风险评估，阳性者行OGTT^[17]。鉴于国内外指南对T2DM筛查人群、筛查频率、筛查指标及阈值等方面尚未统一，因此，采用循证方法形成T2DM筛查共识在T2DM的管理中具有重要指导意义。

我国87%的糖尿病患者就诊于基层医疗机构^[19]。自2009年起，国家卫生与健康工作的战略重点转向“强基层、保基本”，其中关键的一环是建立一支高水平的基层医疗卫生队伍。然而，基层糖尿病筛查能力及同质化水平有待提高^[18]。本共识的制定，可弥补我国基层筛查经验相对缺乏和筛查能力相对不足的缺陷，发挥提升基层医疗卫生服务水平的作用。

基金项目：国家重点研发计划“重大慢性非传染性疾病防控研究”重点专项（2016YFC1305700）

通讯作者：孙子林 E-mail: sunzilin1963@126.com

2 哪些人群需要进行筛查?

考虑到成本效益,ADA、IDF及CDS均推荐在高危人群中进行T2DM筛查^[15,17,20]。高危人群的定义为:具有下列任何1项及以上糖尿病危险因素成年人(>18岁)^[17]:

- (1) 年龄 ≥ 40 岁。
- (2) 有糖尿病前期(IGT、IFG或二者共存)史。
- (3) 超重(BMI $\geq 24\text{ kg/m}^2$)或肥胖(BMI $\geq 28\text{ kg/m}^2$)和(或)中心性肥胖(男性腰围 $\geq 90\text{ cm}$,女性腰围 $\geq 85\text{ cm}$)。
- (4) 静坐生活方式。
- (5) 一级亲属中有T2DM家族史。
- (6) 有GDM或巨大儿(出生体重 $\geq 4\text{ kg}$)生产史的女性。
- (7) 高血压[收缩压 $\geq 140\text{ mmHg}$ 和(或)舒张压 $\geq 90\text{ mmHg}$],或正在接受降压治疗。
- (8) 血脂异常[高密度脂蛋白胆固醇 $\leq 0.91\text{ mmol/L}$ 和(或)甘油三酯 $\geq 2.22\text{ mmol/L}$],或正在接受调脂治疗。
- (9) 动脉粥样硬化性心血管疾病患者。
- (10) 有一过性类固醇糖尿病病史者。
- (11) 多囊卵巢综合征患者或伴有与胰岛素抵抗相关的临床状态(如黑棘皮征等)。
- (12) 长期接受抗精神病药物和(或)抗抑郁药物治疗及他汀类药物治疗的患者。

为节约有限的医疗资源,筛查应与风险程度相匹配。ADA和欧洲糖尿病学会建议首先筛查IGT合并IFG者,其次是IFG或IGT者,之后为超重、肥胖、高血压或体力活动不足者^[21,22]。

3 实施筛查的地点和工作人员

筛查地点:①医院临床科室;②专业体检机构;③基层医疗卫生服务机构。

工作人员:专科医生、糖尿病护士、全科医生、护士及公共卫生人员。

4 基本筛查配置

身高体重仪、腰围软尺、血压计、便携式血糖仪、尿常规分析仪或尿糖定量测定仪。

5 如何筛查?

5.1 原则 选择适宜有效的筛查方法和筛查策略,

以减少接受实验室血液检测的人数,同时兼顾敏感性。

5.2 方法

5.2.1 无创法

5.2.1.1 风险因素评分法 通过量表对高危人群进行评分,高于标准阈值者行确诊试验——OGTT(方法见附录1)。针对我国人群开发的糖尿病风险评估量表包括青岛糖尿病筛查量表^[23]、上海社区未诊断糖尿病人群危险因素记分法^[24]、江苏无症状糖尿病危险因素记分法^[25]等。推荐纪立农团队基于12个省、152个社区、112个乡镇47 325人的数据开发的具有高度敏感性的中国版糖尿病风险评分表^[26]。该表包括年龄、性别、腰围、BMI、收缩压及糖尿病家族史6项指标,总分为0~51分,标准阈值为25分(表1)。敏感度和特异度分别为92.3%和35.5%。

表1 糖尿病风险评分表^[26]

评分指标	分值(分)
年龄(岁)	
20~24	0
25~34	4
35~39	8
40~44	11
45~49	12
50~54	13
55~59	15
60~64	16
65~74	18
体质指数(kg/m ²)	
<22	0
22~23.9	1
24~29.9	3
≥ 30	5
腰围(cm)	
<75(男)或<70(女)	0
75~79.9(男)或70~74.9(女)	3
80~84.9(男)或75~79.9(女)	5
85~89.9(男)或80~84.9(女)	7
90~94.9(男)或85~89.9(女)	8
≥ 95 (男)或 ≥ 90 (女)	10
收缩压(mmHg)	
<110	0
110~119	1
120~129	3
130~139	6
140~149	7
150~159	8
≥ 160	10
糖尿病家族史	
否	0
是	6
性别	
女	0
男	2

注:最佳阈值为25分,总分 ≥ 25 分者应行口服葡萄糖耐量试验

5.2.1.2 非侵袭性糖尿病风险预测模型 非侵袭性糖尿病风险预测模型(以下简称模型)是指在纳入无创风险因素的基础上,建立统计模型,用来预测高危人群未来发生糖尿病的概率。中国疾病预防控制中心米生权^[27]基于2002年中国居民营养与健康状况调查数据制作的中国成人个体糖尿病发病风险简单模型概率阈值为13.4%,敏感度为57.9%,特异度为71.2%。孙子林团队基于8个分中心、7个省、6个民族13 620名中国人前瞻性队列研究(SENSIBLE研究)非实验室数据(蔬菜摄入量、T2DM家族史、高血压病史、年龄、性别、腰围及BMI)制作的SENSIBLE non-lab模型,概率阈值为9.8%,敏感度和特异度分别为72.1%和67.3%^[28]。该模型较米生权的模型具有更高的敏感度(可降低漏诊率,提高筛查效果)和相似的特异度,并且可通过网页计算器(<https://yunxuan.shinyapps.io/nonlabmodel/>)方便地进行T2DM发病概率计算。当预测概率高于阈值时,进一步行OGTT。

人工智能(artificial intelligence, AI)可能代表了疾病预测新的发展方向^[29]。例如,宁光团队基于AI研发的“瑞宁知糖”糖尿病风险评估系统,通过性别、年龄、身高、体重、教育程度、有无吸烟饮酒6项指标可预测未来糖尿病的风险。Pei等^[30]基于机器学习以年龄、性别、BMI、高血压、心血管疾病或卒中病史、糖尿病家族史、体力活动、工作压力及对高盐食物的偏好9项指标建立的决策树模型可用于筛查个体的早期糖尿病风险。

5.2.1.3 尿糖 尿糖测试具备无创、便捷、无需采血、依从性高的特点,分为定性和定量两种检测方法。

空腹尿糖定性筛查T2DM的敏感度较低,但特异度可达到100%,表明空腹尿糖定性具有高度甄别非T2DM患者的能力。因此,在一些医疗资源缺乏且无其他替代方法的基层医疗卫生机构,或T2DM未诊断率很高的地区,其可作为一种筛查手段。

依据孙子林团队的研究^[31,32],在排除引起肾糖阈改变的肾脏疾病情况下,糖负荷后2 h尿糖定性筛查T2DM的效能优于HbA1c,与OGTT 2 h血糖类似,阈值为“1+”,敏感度为80.2%,特异度为85.6%;糖负荷后2 h尿糖定量不受干扰物质(抗坏血酸、对

乙酰氨基酚等)的影响,阈值为7.5 mmol/L,敏感度和特异度可分别达到76.2%和89.4%。建议大于上述阈值者行OGTT。

5.2.1.4 非侵袭性模型与尿糖联合的方法 联合筛查能够进一步提高筛查的准确性。将糖负荷2 h尿糖定性指标引入SENSIBLE non-lab模型后(即SENSIBLE semi-lab模型),在不降低 SENSIBLE non-lab模型敏感度的前提下显著提高了特异度(特异度和敏感度分别增加了14.3%和4.2%)^[28]。SENSIBLE semi-lab模型的阈值为8.8%(网页计算器<https://yunxuan.shinyapps.io/semilabmodel/>),高于该阈值者应行OGTT。

5.2.2 微创法 毛细血管血糖检测的是全血,虽然易受血糖仪稳定性、操作技术和环境,以及患者因素,如药物、血氧分压、贫血、低血压及机体营养状态的影响,但毛细血管血糖检测具有简单、方便、微创、受检对象易接受、无需专门技术等优点,并具有与静脉血糖相似的筛查敏感度^[33],被视为是甄别糖代谢紊乱的可靠指标^[34]。因此,毛细血管血糖检测目前仍是医疗实践中最常用的筛查方法^[35]。

应使用符合ISO 15197:2013标准的血糖仪测定毛细血管血糖。根据文献报道,以下毛细血管血糖阈值具有较高的敏感性:空腹毛细血管血糖为5.6 mmol/L时,敏感度为84.2%,特异度为79.3%^[33];糖负荷后随机毛细血管血糖为7.8 mmol/L时,敏感度为89.4%,特异度为80.2%^[36];糖负荷后2 h毛细血管血糖为9.7 mmol/L时,敏感度和特异度均为98%^[37];高于上述阈值者行OGTT。

5.2.3 实验室血液检测法 主要包括FPG和HbA1c。FPG简单方便,是常规体检广泛采用的指标。其诊断T2DM的敏感度为48%~88%,特异度为79%~98%^[38],故有漏诊T2DM的可能^[17]。因此,为提高FPG在T2DM筛查中的敏感度,同时兼顾便利性,可考虑将其与无创法联合。FPG与OGTT 2 h尿糖定量联合可使筛查敏感度显著增加(82.7%:48.1%)^[31]。HbA1c反映近2~3个月的平均血糖水平,较FPG更稳定可靠。然而HbA1c受诸如种族、年龄、性别及血红蛋白水平等的影响。中国人群尚无准确的切点,可能在5.7%~6.5%之间^[39]。HbA1c的标准化检测在我国尚未完全普及,故有条件的地区可选择性开

展以HbA_{1c}筛查T2DM的研究。

尽管OGTT耗时、不方便,还需要禁食和摄入可能会引起不适的含糖饮料,且常需重复,但OGTT是公认的诊断糖尿病的“金标准”,通过测定空腹和糖负荷后2 h的静脉血糖,能够诊断出90%的糖尿病患者。因此,对于无创或微创试验阳性者,需以OGTT确诊。此外,对于尿糖定性强阳性,尿糖定量或毛细血管血糖水平过高而不宜行OGTT者,建议由正规医院的专科医师进一步明确诊断。

5.2.4 其他 一些非传统糖代谢指标,如血清糖化白蛋白(glycated albumin, GA)、血清1,5-脱水葡萄糖醇(1,5-anhydroglucitol, 1,5-AG)、血清晚期糖基化终末产物(advanced glycation end products, AGEs)及皮肤AGEs等,筛查T2DM的效能不劣于FPG或HbA_{1c}^[40-43],有望成为新型的糖尿病筛查工具。然而,因其需专门设备,故在基层不易推广,但在具备开展条件的医疗机构,可将其作为筛查指标。根据贾伟平团队、孙子林团队及叶山东团队的研究,GA、血清1,5-AG、血清AGEs及皮肤AGEs的切点分别为17.1%^[43]、11.18 μg/ml^[44]、10.22 mg/L^[45]及65 AU^[42]。当GA或1,5-AG与FPG联合时,筛查敏感度可进一步提高(84.79% : 76.82%或82.5% : 69.2%)^[43,46]。

通过汗液无创检测疾病是近年来发展起来的新手段^[47]。EZSCAN糖尿病风险评估系统是一种基于电化学原理检测汗腺功能的方法。该系统通过检测电流(糖尿病自主神经病变可导致汗腺功能减退,造成汗液离子浓度和电导率降低)来评估糖尿病风险,不同的研究阈值为30%~50%,敏感度为53%~81%^[48]。王卫庆团队发现EZSCAN评估系统与传统糖尿病风险预测模型(年龄、BMI、糖尿病家族史、GDM病史、心血管疾病病史、血压、血脂)联合可使筛查效能显著提高(AUC增加12.9%)^[49]。

5.3 筛查策略 鉴于我国的临床实际情况及特点,推荐对不同的对象使用不同的个体化筛查策略,但总体上应遵循两步法:首先,在高危人群中进行初筛试验;其次,对初筛结果阳性者予以确诊试验。无论区域间的经济发展和(或)地理位置如何,两步法可以提高被筛查对象的初始应答率,并减少需要进行OGTT的人数^[50],同时还具有较好的成本效益^[51]。

糖尿病高危者,若FPG或中国版糖尿病风险评分或糖尿病风险预测模型概率大于阈值,直接行OGTT;否则,可根据实际情况选择糖负荷后2 h尿糖,或任意时点的毛细血管血糖,并根据检测结果判断是否行OGTT(图1)。

6 适宜的筛查频率

糖尿病高危人群宜每年筛查1次^[15,17,18,20,52]。

无糖尿病危险因素者每3年筛查1次^[15,17,52]。

7 筛查有无不良影响?

糖尿病筛查除了可能会引起短期的焦虑外,几乎是无害的,只要对筛检过程有适当的解释和适当的随访,不会造成长期的心理不良影响^[52]。但是,随着公众对糖尿病及其可能的长期后果的认识,糖尿病筛查究竟会对心理造成何种影响尚需进一步研究。此外,糖尿病筛查潜在的危害为对筛出的糖尿病前期患者进行药物治疗的不良反应,但这取决于药物种类和剂量^[52,53]。

8 结语

T2DM主要危及大血管、微血管及周围神经,导致心肌梗死、卒中、肾衰竭、失明及截肢等严重并发症,不仅严重影响患者的生活质量,同时也是患者致死的重要原因。2017年中国糖尿病医疗支出已高达1100亿国际元,仅次于美国^[1]。与非糖尿病患者比较,T2DM患者往往需要更多的医疗服务,且所占用的医疗资源增加2.3倍^[54]。一项美国研究显示2012年未诊断T2DM的经济总成本为330亿美元^[55]。我国高达63%的T2DM患者未能得到明确诊断^[17]。因此,迫切需要对T2DM进行筛查、诊断及适当的治疗。各级医疗机构应在卫生保健系统财政和资源限制范围内选择最佳方法。

(1) 无论是对个体健康、日常临床实践,还是对公共卫生政策而言,T2DM筛查都是重要的。

(2) 筛查是发现高危人群,并指导其进行健康生活方式的一种具有成本效益的手段。

(3) 在高危人群中筛查可能更具有成本效益。

(4) 目前仍缺乏完美的T2DM筛查方法。OGTT的敏感度和特异度最高,但操作烦琐,依从性较差。并且,过度倚重于OGTT可能是许多T2DM未被诊断的重要原因^[56]。

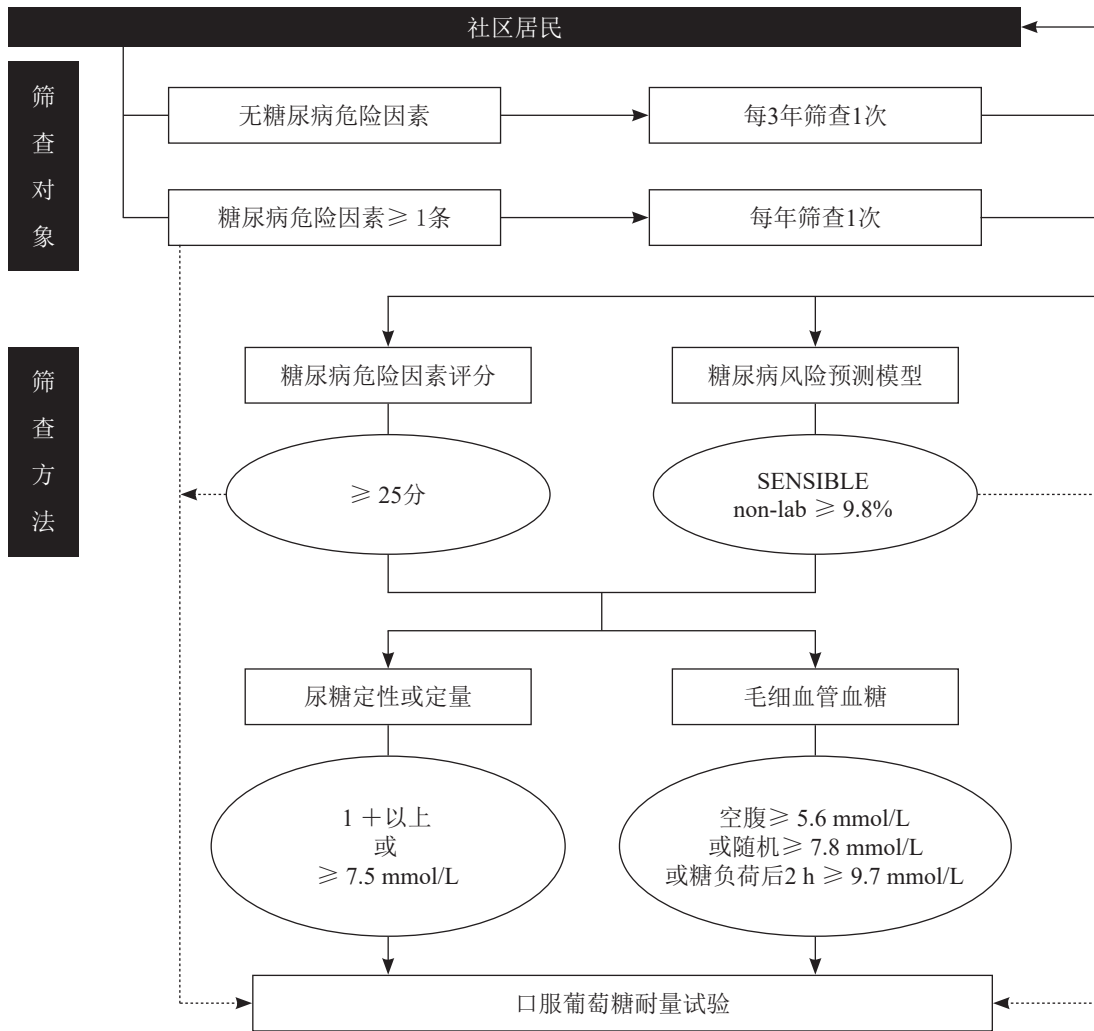


图1 2型糖尿病筛查流程

注：SENSIBLE non-lab指包括蔬菜摄入量、2型糖尿病家族史、高血压病史、年龄、性别、腰围及体质指数等非实验室指标的模式

(5) 采用两步法筛查策略，既能提高筛查的准确性，也更具有成本效益。

主要执笔专家：胡 浩 孙子林

共识撰写及审核专家（以姓氏拼音为序）：

郭海健 江苏省疾病预防控制中心

胡 浩 徐州市第一人民医院

华燕吟 浙江省人民医院

康志荣 天津市第二医院

李国宝 大连西岗站北民乐社区卫生服务中心

李全忠 河南省人民医院

刘 静 甘肃省人民医院

孙子林 东南大学附属中大医院

涂 萍 南昌市第三医院

许志勇 盐城市盐都区秦南镇北蒋卫生院

严孙杰 福建医科大学附属第一医院

杨兵全 东南大学附属中大医院溧水分院

张 红 大连市旅顺口区人民医院

志 谢 感谢黄迎春在资料整理中的工作！

附录1 口服葡萄糖耐量试验方法^[17]

- 晨07:00—09:00开始，受试者空腹（8～10 h）后口服溶于300 ml水内的无水葡萄糖粉75 g，如用1分子水葡萄糖则为82.5 g。儿童则予每千克体重1.75 g，总量不超过75 g。糖水在5 min之内服完。
- 从服糖第1口开始计时，分别于服糖前和服糖后2 h在前臂采血测血糖。试验过程中，受试者不喝茶及咖啡，不吸烟，不做剧烈运动，但也

无须绝对卧床。

3. 血标本应尽早送检。
4. 试验前3 d内,每日碳水化合物摄入量不少于150 g。
5. 试验前停用可能影响OGTT的药物,如避孕药、利尿剂或苯妥英钠等3 ~ 7 d。

参考文献

- [1] International Diabetes Federation. IDF diabetes atlas (8th edition 2017)[EB/OL]. (2017-12-01) [2018-11-28]. <https://www.diabetesatlas.org>.
- [2] Morris DH, Khunti K, Achana F, et al. Progression rates from HbA1c 6.0-6.4% and other prediabetes definitions to type 2 diabetes: a meta-analysis[J]. Diabetologia, 2013, 56(7):1489-1493.
- [3] Porta M, Curletto G, Cipullo D, et al. Estimating the delay between onset and diagnosis of type 2 diabetes from the time course of retinopathy prevalence[J]. Diabetes Care, 2014, 37(6):1668-1674.
- [4] UK Prospective Diabetes Study (UKPDS) Group. Intensive blood-glucose control with sulphonylureas or insulin compared with conventional treatment and risk of complications in patients with type 2 diabetes (UKPDS 33)[J]. Lancet, 1998, 352(9131):837-853.
- [5] Bartnik M, Rydén L, Ferrari R, et al. The prevalence of abnormal glucose regulation in patients with coronary artery disease across Europe. The Euro Heart Survey on diabetes and the heart[J]. Eur Heart J, 2004, 25(21):1880-1890.
- [6] Holman RR, Paul SK, Bethel MA, et al. 10-year follow-up of intensive glucose control in type 2 diabetes[J]. N Engl J Med, 2008, 359(15):1577-1589.
- [7] Pan XR, Li GW, Hu YH, et al. Effects of diet and exercise in preventing NIDDM in people with impaired glucose tolerance. The Da Qing IGT and Diabetes Study[J]. Diabetes Care, 1997, 20(4):537-544.
- [8] Herman WH, Ye W, Griffin SJ, et al. Early detection and treatment of type 2 diabetes reduce cardiovascular morbidity and mortality: a simulation of the results of the Anglo-Danish-Dutch Study of Intensive Treatment in People With Screen-Detected Diabetes in Primary Care (ADDITION-Europe)[J]. Diabetes Care, 2015, 38(8):1449-1455.
- [9] Simmons RK, Rahman M, Jakes RW, et al. Effect of population screening for type 2 diabetes on mortality: long-term follow-up of the Ely cohort[J]. Diabetologia, 2011, 54(2):312-319.
- [10] Feldman AL, Griffin SJ, Fhärn E, et al. Screening for type 2 diabetes: do screen-detected cases fare better?[J]. Diabetologia, 2017, 60(11):2200-2209.
- [11] Qiao Q, Jousilahti P, Eriksson J, et al. Predictive properties of impaired glucose tolerance for cardiovascular risk are not explained by the development of overt diabetes during follow-up[J]. Diabetes Care, 2003, 26(10):2910-2914.
- [12] Barry E, Roberts S, Oke J, et al. Efficacy and effectiveness of screen and treat policies in prevention of type 2 diabetes: systematic review and meta-analysis of screening tests and interventions[J]. BMJ, 2017, 356:i6538.
- [13] Selph S, Dana T, Blazina I, et al. Screening for type 2 diabetes mellitus: a systematic review for the U.S. Preventive Services Task Force[J]. Ann Intern Med, 2015, 162(11):765-776.
- [14] U.S. Preventive Services Task Force. Final recommendation statement: abnormal blood glucose and type 2 diabetes mellitus: screening[EB/OL]. (2018-02-21) [2019-06-03]. <https://www.uspreventiveservicestaskforce.org/Page/Document/RecommendationStatementFinal/screening-for-abnormal-blood-glucose-and-type-2-diabetes>.
- [15] American Diabetes Association. 2. Classification and Diagnosis of Diabetes: Standards of Medical Care in Diabetes-2018[J]. Diabetes Care, 2018, 41(Suppl 1):S13-S27.
- [16] American Association of Clinical Endocrinologists Board of Directors, American College of Endocrinologists Board of Trustees. American Association of Clinical Endocrinologists/American College of Endocrinology statement on the use of hemoglobin A1c for the diagnosis of diabetes[J]. Endocr Pract, 2010, 16(2):155-156.
- [17] 中华医学会糖尿病学分会. 中国2型糖尿病防治指南(2017年版)[J]. 中华糖尿病杂志, 2018, 10(1):4-67.
- [18] 中华医学会糖尿病学分会, 国家基层糖尿病防治管理办公室. 国家基层糖尿病防治管理指南(2018)[J]. 中华内科杂志, 2018, 57(12):885-893.
- [19] 中华医学会眼科学分会眼底病学组, 中国医师协会眼科医师分会眼底病专业委员会. 我国糖尿病视网膜病变筛查的图像采集及阅片指南(2017年)[J]. 中华眼科杂志, 2017, 53(12):890-896.
- [20] International Diabetes Federation. Recommendations for managing type 2 diabetes in primary care[EB/OL]. (2017-10-01) [2018-11-21]. <https://www.idf.org/managing-type2-diabetes>.
- [21] Inzucchi SE, Bergenstal RM, Buse JB, et al. Management of hyperglycemia in type 2 diabetes, 2015: a patient-centered approach: update to a position statement of the American Diabetes Association and the European Association for the Study of Diabetes[J]. Diabetes Care, 2015, 38(1):140-149.
- [22] Paulweber B, Valensi P, Lindström J, et al. A European evidence-based guideline for the prevention of type 2 diabetes[J]. Horm Metab Res, 2010, 42 Suppl 1:S3-S36.
- [23] Gao WG, Dong YH, Pang ZC, et al. A simple Chinese risk score for undiagnosed diabetes[J]. Diabet Med, 2010, 27(3):274-281.
- [24] 黎衍云, 李锐, 张胜年. 无症状糖尿病不同筛查方法效果评价[J]. 中国公共卫生, 2006, 22(6):687-689.
- [25] 沈洪兵, 俞顺章, 徐耀初, 等. 危险因素记分法筛选无症状糖尿病及其评价[J]. 中华流行病学杂志, 1999, 20(2):114-117.
- [26] Zhou X, Qiao Q, Ji L, et al. Nonlaboratory-based risk assessment algorithm for undiagnosed type 2 diabetes developed on a nation-wide diabetes survey[J]. Diabetes Care, 2013, 36(12):3944-3952.
- [27] 米生权. 中国成人个体糖尿病发病风险预测模型的建立及

- 验证[D]. 北京: 中国疾病预防控制中心, 2011.
- [28] Li W, Xie B, Qiu S, et al. Non-lab and semi-lab algorithms for screening undiagnosed diabetes: A cross-sectional study[J]. *EBioMedicine*, 2018, 35:307-316.
- [29] Rajkomar A, Dean J, Kohane I. Machine Learning in Medicine[J]. *N Engl J Med*, 2019, 380(14):1347-1358.
- [30] Pei D, Gong Y, Kang H, et al. Accurate and rapid screening model for potential diabetes mellitus[J]. *BMC Med Inform Decis Mak*, 2019, 19(1):41.
- [31] Yang BQ, Lu Y, He JJ, et al. Performance of fasting plasma glucose and postprandial urine glucose in screening for diabetes in chinese high-risk population[J]. *Chin Med J (Engl)*, 2015, 128(24):3270-3275.
- [32] Chen J, Guo H, Yuan S, et al. Efficacy of urinary glucose for diabetes screening: a reconsideration[J]. *Acta Diabetol*, 2019, 56(1):45-53.
- [33] Zhao X, Zhao W, Zhang H, et al. Fasting capillary blood glucose: an appropriate measurement in screening for diabetes and pre-diabetes in low-resource rural settings[J]. *J Endocrinol Invest*, 2013, 36(1):33-37.
- [34] Herdizk E, Safranow K, Ciechanowski K. Diagnostic value of fasting capillary glucose, fructosamine and glycosylated haemoglobin in detecting diabetes and other glucose tolerance abnormalities compared to oral glucose tolerance test[J]. *Acta Diabetol*, 2002, 39(1):15-22.
- [35] Ealovega MW, Tabaei BP, Brandle M, et al. Opportunistic screening for diabetes in routine clinical practice[J]. *Diabetes Care*, 2004, 27(1):9-12.
- [36] Somannavar S, Ganesan A, Deepa M, et al. Random capillary blood glucose cut points for diabetes and pre-diabetes derived from community-based opportunistic screening in India[J]. *Diabetes Care*, 2009, 32(4):641-643.
- [37] Engelgau MM, Narayan KM, Herman WH. Screening for type 2 diabetes[J]. *Diabetes Care*, 2000, 23(10):1563-1580.
- [38] Bryson CL, Boyko EJ. Review: glycated haemoglobin A1c and fasting plasma glucose screening tests have similar sensitivities and specificities for early detection of type 2 diabetes[J]. *Evid Based Med*, 2007, 12(5):152.
- [39] 陈静, 纪立农, 周翔海, 等. 糖化血红蛋白在中国人群筛查糖尿病患者的荟萃分析[J]. *中国糖尿病杂志*, 2018, 26(3): 177-187.
- [40] Mukai N, Yasuda M, Ninomiya T, et al. Thresholds of various glycemic measures for diagnosing diabetes based on prevalence of retinopathy in community-dwelling Japanese subjects: the Hisayama Study[J]. *Cardiovasc Diabetol*, 2014, 13:45.
- [41] Sun Z, He J, Qiu S, et al. Using serum advanced glycation end products-peptides to improve the efficacy of World Health Organization fasting plasma glucose criterion in screening for diabetes in high-risk Chinese subjects[J]. *PLoS One*, 2015, 10(9):e0137756.
- [42] 叶山东, 章秋, 王长江, 等. 皮肤糖基化终产物无创检测筛查2型糖尿病的临床应用[J]. *中国糖尿病杂志*, 2017, 25(9): 827-830.
- [43] Ma XJ, Pan JM, Bao YQ, et al. Combined assessment of glycated albumin and fasting plasma glucose improves the detection of diabetes in Chinese subjects[J]. *Clin Exp Pharmacol Physiol*, 2010, 37(10):974-979.
- [44] Wang Y, Yuan Y, Zhang Y, et al. Serum 1,5-anhydroglucitol level as a screening tool for diabetes mellitus in a community-based population at high risk of diabetes[J]. *Acta Diabetol*, 2017, 54(5):425-431.
- [45] 谢作玲, 张林, 王艳萍, 等. 血清糖基化终产物-肽在社区糖尿病高危人群中的筛查价值[J]. *中华医学杂志*, 2012, 92(40): 2843-2846.
- [46] Ying L, He X, Ma X, et al. Serum 1,5-anhydroglucitol when used with fasting plasma glucose improves the efficiency of diabetes screening in a Chinese population[J]. *Sci Rep*, 2017, 7(1):11968.
- [47] Heikenfeld J, Jajack A, Feldman B, et al. Accessing analytes in biofluids for peripheral biochemical monitoring[J]. *Nat Biotechnol*, 2019, 37(4):407-419.
- [48] Bernabe-Ortiz A, Ruiz-Alejos A, Miranda JJ, et al. EZSCAN for undiagnosed type 2 diabetes mellitus: A systematic review and meta-analysis[J]. *PLoS One*, 2017, 12(10):e0187297.
- [49] Yang Z, Xu B, Lu J, et al. Autonomic test by EZSCAN in the screening for prediabetes and diabetes[J]. *PLoS One*, 2013, 8(2):e56480.
- [50] Khunti K, Mani H, Achana F, et al. Systematic review and meta-analysis of response rates and diagnostic yield of screening for type 2 diabetes and those at high risk of diabetes[J]. *PLoS One*, 2015, 10(9):e0135702.
- [51] Khunti K, Gillies CL, Taub NA, et al. A comparison of cost per case detected of screening strategies for type 2 diabetes and impaired glucose regulation: modelling study[J]. *Diabetes Res Clin Pract*, 2012, 97(3):505-513.
- [52] Siu AL. Screening for abnormal blood glucose and type 2 diabetes mellitus: U.S. Preventive Services Task Force Recommendation Statement[J]. *Ann Intern Med*, 2015, 163(11):861-868.
- [53] Laiteerapong N, Cifu AS. Screening for prediabetes and type 2 diabetes mellitus[J]. *JAMA*, 2016, 315(7):697-698.
- [54] Cannon A, Handelsman Y, Heile M, et al. Burden of illness in type 2 diabetes mellitus[J]. *J Manag Care Spec Pharm*, 2018, 24(9-a Suppl):S5-S13.
- [55] Dall TM, Yang W, Halder P, et al. The economic burden of elevated blood glucose levels in 2012: diagnosed and undiagnosed diabetes, gestational diabetes mellitus, and prediabetes[J]. *Diabetes Care*, 2014, 37(12):3172-3179.
- [56] Hanson RL, Nelson RG, McCance DR, et al. Comparison of screening tests for non-insulin-dependent diabetes mellitus[J]. *Arch Intern Med*, 1993, 153(18):2133-2140.

收稿日期: 2019-06-06

本文编辑: 张瑜