

贵阳市绝经后女性血清促甲状腺激素与代谢综合征的相关性研究*

傅艳莉**, 范良敏***, 时立新, 张 巧, 彭年春, 胡 颖

(贵州医科大学附院 内分泌代谢病科, 贵州 贵阳 550004)

[摘 要] 目的: 探讨绝经后女性血清促甲状腺激素(TSH)与代谢综合征(MS)的相关性。方法: 采用整群随机抽样的方法, 对贵阳市云岩区 10 140 名受试者进行横断面流行病学调查, 共纳入 5 230 名绝经后女性, 每名受试者均进行详细的问卷调查及体格检查, 抽取静脉血检测血清 TSH、空腹血糖(FPG)、餐后 2 h 血糖(2hPG)、空腹胰岛素浓度(FINS)、甘油三酯(TG)、总胆固醇(TC)、高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C)和低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C)等生化指标; 根据 TSH 的参考范围将受访者分为 TSH 降低组、正常组及升高组($n = 1\ 135$), 根据 2005 年 IDF 标准将受访者再分为 MS 组($n = 2\ 439$)和非 MS 组($n = 2\ 791$), 比较不同分组受试者的一般资料和部分血生化指标的变化, 采用多元线性回归模型分析血清 TSH 与 MS 及其组分的相关性。结果: 共 2 439 名绝经女性符合 MS 诊断, MS 患病率为 46.6%; 通过多元线性回归分析, 校正年龄、BMI 及 HOMA-IR 后, 血清 TSH 与 TC、TG、LDL-C 均呈正相关($P < 0.05$), 不同血清 TSH 水平高血糖、高血压、向心性肥胖及 MS 的患病率比较, 差异无统计学意义($P > 0.05$), TSH 升高组受访者高 TG 血症患病率高于 TSH 正常组($P < 0.05$)。结论: 贵阳市绝经后女性 MS 的患病率高, 血清 TSH 升高主要影响 TG 水平, 但血清 TSH 水平与 MS 的患病无关。

[关键词] 绝经; 促甲状腺素; 甲状腺功能试验; 代谢综合征; 流行病学

[中图分类号] R589.9; R581 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1000-2707(2017)06-0723-05

DOI: 10.19367/j.cnki.1000-2707.2017.06.022

Study on the Relationship between Serum Thyroid Stimulating Hormone and Metabolic Syndrome in Postmenopausal Women in Guiyang

FU Yanli, FAN Liangmin, SHI Lixin, ZHANG Qiao, PENG Nianchun, HU Ying

(Department of Endocrinology and Metabolism, the Affiliated Hospital of Guizhou Medical University, Guiyang 550004, Guizhou, China)

[Abstract] **Objective:** To investigate the relationship between serum thyroid stimulating hormone (TSH) and metabolic syndrome (MS) in postmenopausal women. **Methods:** A cross-sectional epidemiological survey of 10 140 subjects in Yunyan district of Guiyang was conducted by cluster random sampling. A total of 5 230 postmenopausal women were enrolled, and each subject was given a detailed questionnaire and physical examination. Meanwhile, venous blood was extracted to detect serum TSH, fasting blood glucose (FPG), 2 h postprandial blood glucose (2hPG), fasting insulin (FINS), tri-glyceride (TG), total cholesterol (TC), high density lipoprotein cholesterol (HDL-C) and low density lipoprotein cholesterol (LDL-C) and other biochemical indicators. According to TSH reference range, all subjects were divided into three groups, including low TSH group (80 subjects), normal TSH group (4 015 subjects) and high TSH group (1 135 subjects). According to MS IDF diagnostic criteria in 2005, subjects were divided into MS group (2 439 subjects) and non-MS group (2 791 sub-

*[基金项目] 贵州省省长资金临床应用课题专项研究(黔省专合字 2012-100 号)

** 贵州医科大学 2014 级硕士研究生

*** 通信作者 E-mail: fanliangmin@sina.cn

网络出版时间: 2017-6-17 网络出版地址: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/52.1164.R.20170617.2321.023.html>

jects). The general data and the changes of some blood biochemical indexes in different groups were compared. The correlation between serum TSH and MS and its components was analyzed by multiple linear regression model. **Results:** 2 439 postmenopausal women suffered from MS, and the prevalence of MS was 46.6%. After correction for age, BMI and HOMA-IR, multiple linear regression analysis showed that serum TSH level and TC, TG and LDL-C presented the positive correlation ($P < 0.05$). The prevalence of hyperglycemia, hypertension, central obesity, and MS in patients with different serum TSH level had no obvious difference ($P > 0.05$). The difference of the prevalence of high blood TG between high TSH group and normal TSH group was obvious ($P < 0.05$). **Conclusion:** The prevalence of MS in postmenopausal women in Guiyang is high, increase of serum TSH level mainly influences TG level, serum TSH level had no correlation with prevalence of MS.

[**Key words**] menopause; thyroid stimulating hormone; thyroid function; metabolic syndrome; epidemiology

代谢综合征 (metabolic syndrome, MS) 是以胰岛素抵抗和向心性肥胖为中心环节, 包括高血压、高血糖、高甘油三酯 (TG) 及低密度脂蛋白胆固醇 (LDL-C) 等多种代谢紊乱积聚于同一个机体的一组临床症候群, 是多种心血管疾病 (CVD) 危险因素异常聚集的病理状态^[1]。研究认为, 甲状腺功能减退与动脉粥样硬化性 CVP 有关^[2], 也有报道称甲状腺功能、或血清促甲状腺激素 (thyroid stimulating hormone, TSH) 轻微的异常也可以增加 CVD 的发病危险^[3], 这可能是因为甲状腺激素对脂代谢的调节以及对血压的作用, 而脂质代谢紊乱及血压升高均为 MS 的组分^[4]。本研究采用整群随机抽样的方法, 对贵阳市绝经后女性进行横断面调查, 分析其血清 TSH 水平与 MS 及 MS 组分的关系。

1 对象和方法

1.1 对象

采用整群随机抽样的方法, 于 2011 年 5 ~ 10 月对贵阳市云岩区 10 140 例常驻居民 (至少居住 5 年以上) 进行流行病学调查, 其中, 女性 7 326 例; 根据排除标准筛选后共纳入 5 230 例绝经后女性进行数据分析。本研究获得医院伦理委员会的批准, 受试者均签署知情同意书。排除停经未满 1 年者、患有甲状腺疾病者、服用甲状腺激素及抗甲状腺药物者、服用影响甲状腺功能的药物者 (如雌激素、糖皮质激素、抗癫痫药等), 患肾上腺皮质功能低下、严重肝肾功能障碍者、恶性肿瘤患者及低蛋白血症者; 排除甲状腺手术史或放射治疗史患者、子宫或卵巢切除者, 排除 TSH 资料不全者、基线资料不全者及 MS 资料不全等。

1.2 方法

所有调查均由经培训合格的内分泌医师一对一询问, 内容包括问卷调查、一般测量、空腹静脉血及餐后 2 h 静脉血的采集。

1.2.1 问卷调查 采用由研究测试中心统一设计的全国调查问卷。主要内容包括: 基本资料 (民族、年龄、婚姻状况、职业、文化程度及家庭收入等), 个人行为方式 (吸烟史、饮酒史、饮食习惯、有无静坐及体力活动情况)、既往病史 (高血压病史、糖尿病病史、血脂异常病史、甲状腺疾病病史、甲状腺手术史或放射治疗史等)、月经史、婚育史、家族史及服药史等。

1.2.2 一般测量 所有调查对象均接受常规体格检查, 包括身高、体重、腰围 (WC) 和静息状态血压。血压测量 3 次, 每次间隔 1 min, 取平均值纳入数据分析, 并计算体质指数 (BMI)。

1.2.3 血清学检测 所有受试者均禁食 12 h, 禁饮 8 h, 调查当日抽取静脉血, 静置后离心分离血清, $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$ 冰箱保存。检测血生化指标: TSH、空腹血糖 (FPG)、餐后 2 h 血糖 (2hPG)、总胆固醇 (TC)、TG、高密度脂蛋白胆固醇 (HDL-C)、LDL-C、空腹胰岛素浓度 (FINS) 等。抽取第 1 次静脉血后, 根据受试者有无糖尿病病史, 行葡萄糖耐量实验 (OGTT 实验), 有糖尿病病史被调查者进食 80 g 方便面饼试验, 无糖尿病病史者口服 82.5 g 含一分子水葡萄糖, 2 h 后抽取第 2 次静脉血测定血浆葡萄糖。稳态模型胰岛素抵抗指数 (HOMA-IR) = 空腹血糖 (mmol/L) \times 空腹胰岛素浓度 (mIU/L) / 22.5。

1.2.4 分组 根据有无吸烟史将受试者分为不吸烟者和吸烟者^[5]; 根据是否获取学士学位为界, 分为高等教育水平及低等教育水平^[6]。根据饮酒史

分为饮酒者和不饮酒者,饮酒定义是指在过去 1 年中,每周至少饮酒 1 次的人^[7]。根据 TSH 0.55 ~ 4.78 mIU/L,将 TSH 分为 TSH 降低组(TSH <0.55 mIU/L),TSH 正常组(0.55 mIU/L ≤ TSH ≤ 4.78 mIU/L),TSH 升高组(TSH >4.78 mIU/L)。

1.2.5 MS 的诊断标准 采用 2005 年国际糖尿病联盟(IDF)制定的标准^[8],将受试者分为 MS 组和非 MS 组。在符合中心性肥胖的基础上(WC ≥80 cm),同时合并以下 4 项指标中的任何 2 项即可诊断:(1)TG 水平 ≥1.7 mmol/L(1.5 g/L),或已接受相应治疗;(2)HDL-C 水平 <1.29 mmol/L(0.5 g/L),或已接受相应治疗;(3)SBP ≥130 mmHg或 DBP ≥85 mmHg,或已接受相应治疗,或此前已诊断为高血压;(4)FPG ≥5.6 mmol/L(110 g/L),或已接受相应治疗,或此前已诊断为 2 型糖尿病。

1.3 统计学分析

所有调查对象的数据均由内分泌科 2 名医师分别录入 2 遍,制成 Excel 表,再导入 SPSS 17.0 软件统计分析。计量资料用均数 ± 标准差($\bar{x} \pm s$)表示,两组间的均数比较采用独立样本的 *t* 检验,多组间均数比较应用方差分析。计数资料用率(%)表示,比较均采用 χ^2 检验。采用多元线性回归模型分析血清 TSH 与 MS 及其组分的相关性,采用回归系数 β 表示。*P* < 0.05 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 一般资料及部分血生化指标(MS 分组)

本次调查共纳入 5 230 名绝经后女性,平均(59.78 ± 6.96)岁。根据 2005 年 IDF 对 MS 的诊断标准,将受试者分为 MS 组和非 MS 组,MS 组 2 439 例(46.6%),非 MS 组 2 791 例(53.4%)。文化程度高的人群较文化程度低的人群 MS 患病率低,有工作的人群较没有工作的人群更不容易患 MS,差异具有统计学意义(*P* < 0.05)。MS 组的年龄、BMI、WC、血糖、血压、FINS、HOMA-IR 均高于非 MS 组,HDL-C、LDL-C、TC 低于非 MS 组,差异有统计学意义(*P* < 0.05)。MS 患病率在是否吸烟及饮酒人群、有糖尿病家族史人群中的分布,差异无统计学意义(*P* > 0.05)。MS 组血清 TSH 浓度稍高于非 MS 组,差异无统计学意义(*P* > 0.05)。

2.2 一般资料及部分血生化指标(TSH 分组)

根据 TSH 0.55 ~ 4.78 mIU/L 的参考范围,TSH

降低组 80 例(1.5%),TSH 正常组 4 015 例(76.8%),TSH 升高组 1 135 例(21.7%)。将 TSH 正常组设为对照组,TSH 升高组的 LDL-C、TC 和 TG 水平高于对照组,差异有统计学意义(*P* < 0.05)。TSH 降低组的 2hPG、FINS、HOMA-IR 高于对照组,LDL-C、TC 低于对照组,差异均具有统计学意义(*P* < 0.05)。

2.3 血清 TSH 与 MS 及其组分、BMI 等的相关性分析

采用多元线性回归模型分析,校正年龄、BMI、HOMA-IR 后,血清 TSH 水平与 TC、TG、LDL-C 均呈正相关,差异具有统计学意义(*P* < 0.05),与 SBP、BMI、WC、DBP、FPG、2 h PG、HDL-C、HOMA-IR、FINS 相关性不大(*P* > 0.05)。见表 1。

表 1 血清 TSH 与 MS 组分、BMI 等的相关性分析

Tab. 1 Correlation analysis of serum TSH with components of MS and BMI

指标	β	<i>P</i>
HDL-C(mmol/L)	0.001	0.534
LDL-C(mmol/L)	0.011	0.000
TC(mmol/L)	0.020	0.000
TG(mmol/L)	0.025	0.000
WC(cm)	0.026	0.352
BMI(kg/m ²)	0.026	0.352
FPG(mmol/L)	0.000	0.853
2hPG(mmol/L)	-0.019	0.067
SBP(mmHg)	-0.003	0.953
DBP(mmHg)	-0.018	0.576
FINS(mIU/L)	-0.029	0.148
HOMA-IR	-0.011	0.130

2.4 不同 TSH 水平组 MS 患病率及 MS 组分异常率

不同 TSH 水平组向心性肥胖、高血压、高血糖及 MS 的患病率比较,差异无统计学意义(*P* > 0.05)。以 TSH 正常组为对照组,TSH 升高组高 TG 血症的患病率高于对照组,TSH 降低组低 HDL-C 血症的患病率高于对照组,差异有统计学意义(*P* < 0.05)。见表 2。

3 讨论

MS 严重影响着全球人类的健康,相关研究显示,MS 人群发生糖尿病的风险是健康人群的约 5 倍,CVD 的发生风险是健康人群的约 2 倍^[9-10]。

表 2 不同 TSH 水平组人群 MS 患病率及 MS 组分异常情况

Tab.2 Comparison of the prevalence of MS and its componentabnormity in different TSH group

指标	TSH 分组(n,%)			P
	降低组	正常组	升高组	
向心性肥胖	58(72.5)	2 711(67.5)	782(68.9)	0.459
高血压	24(30.0)	1 432(35.7)	422(37.2)	0.347
高血糖	55(68.8)	2 536(63.2)	707(62.3)	0.492
高 TG 血症	27(33.8)	1 447(36.0)	523(46.1) ⁽¹⁾	0.000
低 HDL-C 血症	50(62.5) ⁽¹⁾	2 017(50.2)	574(50.6)	0.094
MS	44(55.0)	1 844(45.9)	551(48.5)	0.094

⁽¹⁾与 TSH 正常组比较,P<0.05

Hadaegh F 等^[11]的调查也表明 MS 可增加 CVD 和中风的发生,发生 CVD 和中风的患病率及死亡风险比非 MS 者高 2~3 倍。本研究采用整群随机抽样的方法,共有 5 230 名后绝经后女性纳入数据分析,全部人群平均年龄为 60 岁,根据 IDF 的对 MS 的定义,MS 患病率为 46.63%。与其他研究比较,本研究发现贵阳绝经女性 MS 患病率较高,丁群芳等^[12]对成都绝经后女性调查得出 MS 患病率 37.34%;陈冬梅等^[13]对我国南方地区广州市 40~70 岁的女性调查,总体人群 MS 的患病率为 27.82%,绝经后女性 MS 患病率为 35.48%;Sapkota 等^[14]的研究报道,绝经女性 MS 患病率分别 57.8%,导致以上研究结果之间差异较大可能是由于本研究选取的人群以及生活习惯、受教育程度、生活状况以及 MS 的诊断标准不同等有关。由于选取的人群特殊、诊断标准及随访年限的不同等原因,导致结果不一致。绝经后女性 MS 患病率高的原因是因为年龄的增长还是停经引起仍有争议,有研究发现,在调整年龄和 BMI 后,停经是 MS 的独立预测因子^[15]。另一项横断面研究显示,绝经后人群 MS 患病率升高的原因为年龄,而绝经状态并不是 MS 独立危险因素^[16],研究之间的结果有差异。有研究还发现,绝经后女性体内雌激素逐渐下降,使得对心血管保护作用逐渐消失^[14],导致血糖血脂代谢紊乱以及 CVD 的发病风险也开始增加;雌激素水平下降会影响部分基因的表达,绝经后胰岛素抵抗(IR)的发生率增高,绝经后女性体内炎症因子水平升高等是绝经后的女性 MS 患病率高

的原因,因此中华医学会妇产科学分会绝经学组的指南提出性激素替代治疗对绝经后女性减少 MS 的发生有积极的作用^[17]。

本研究结果显示,有工作的人群 MS 的患病率较没有工作的人群低,可能是由于绝经后女性大多数为家庭主妇,运动工作相对较少,体内聚集更多的脂肪,同时贵州地区人群喜好辛辣油腻食物,这些均可引起肥胖、高血糖及高血脂的发生。本研究还得出文化程度与 MS 是相关的,文化程度越高发生 MS 的几率就更小,可能是受教育的程度高的人群对 MS 有一定的认识了解,在平常的生活中更加注重饮食、运动。

本研究通过多远线性回归分析,校正年龄、BMI、HOMA-IR 等混杂因素后,发现血清 TSH 水平与 TG、TC 及 LDL-C 呈弱正相关性($P<0.05$),但血清 TSH 水平与 MS 的患病率无相关($P>0.05$),与伍琼等^[18]的研究结果相似。有研究报道,正常范围内血清 TSH 与 TC、TG、LDL-C 及高胆固醇血症患病的危险性也呈正相关^[19],这种正相关性并不受甲状腺激素的影响,这就提示轻度的甲状腺功能异常时,也可能伴随血脂的改变。血清 TSH 升高代表甲减的发生,甲减是影响血脂的主要原因之一,甲减的患者可能伴有肝细胞表面的 LDL-C 受体表达下降,血清 LDL 颗粒清除延迟,表现为高胆固醇、高 LDL-C,在严重的甲减患者体内可能出现胆固醇酯转移蛋白活性下降,肝脂蛋白脂酶特异性增加,使 HDL 上的胆固醇酯转移率下降,从而使血清 TC、LDL-C 升高,LDL-C 降低,本研究结果基本一致,之所以没有发现 TSH 升高组中 HDL-C 明显降低,可能是因为在在本研大多受试者甲状腺功能基本正常。本研究还发现血清 TSH 与血糖、血压及 HOMA-IR 等无明显相关性,与部分研究结果相似^[20-21],也与部分研究不一致^[22-23]。但与本研究不同的是,美国一项调查^[24]显示,血清 TSH 水平与 MS 的患病率呈正相关,随着 TSH 的增加,MS 的患病率也逐渐增加,TSH 每增加 1 mIU/L,MS 的患病危险增加 3%。

综上,绝经后女性作为一种特殊人群,MS 患病率高,血清中 TSH 水平与 MS 组分关系密切,应尽早对该部分人群加大教育宣传,及早对血糖、血脂及血压等 MS 的成分进行针对性治疗,提高绝经后女性的生活质量,减少心脑血管疾病及 2 型糖尿病的发生风险。

4 参考文献

- [1] 项坤三, 纪立农, 向红丁, 等. 中华医学会糖尿病学分会关于代谢综合征的建议[J]. 中国糖尿病杂志, 2004 (3): 156 - 161.
- [2] Cappola AR, Ladenson PW. Hypothyroidism and atherosclerosis[J]. Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism, 2013 (6): 2438.
- [3] Rodondi N, Elzen WPJD, Bauer DC, et al. Subclinical hypothyroidism and the risk of coronary heart disease and mortality. [J]. Jama, 2010 (22): 1365 - 1374.
- [4] Danzi S, Klein I. Thyroid hormone and the cardiovascular system[J]. Med Clin North Am, 2012 (2): 257 - 268.
- [5] Hayden MR, Tyagi SC. Homocysteine and reactive oxygen species in metabolic syndrome, type 2 diabetes mellitus, and atheroscleropathy: the pleiotropic effects of folate supplementation[J]. Nutr J, 2014 (1): 1 - 23.
- [6] Yang X, Tao Q, Sun F, et al. The impact of socioeconomic status on the incidence of metabolic syndrome in a Taiwanese health screening population. [J]. International Journal of Public Health, 2012 (3): 551 - 559.
- [7] 李建新, 樊森, 李莹, 等. 我国 35 ~ 74 岁成人肥胖发病率及其可控危险因素的前瞻性队列随访研究[J]. 中华流行病学杂志, 2014 (4): 349 - 353.
- [8] Balkau B, Eschwege E, Kahn R, et al. The metabolic syndrome alberti GM, zimmerman P, shaw J, for the IDF epidemiology task force consensus group. the metabolic syndrome - a new worldwide definition[J]. Lancet, 2005 (9501): 1921 - 1924.
- [9] Alberti KG, Eckel RH, Grundy SM, et al. Harmonizing the metabolic syndrome: a joint interim statement of the international diabetes federation task force on epidemiology and prevention; national heart, Lung, and blood institute; American heart association; World heart federation; international atherosclerosis society; and international association for the study of obesity[J]. Circulation, 2009 (16): 1640 - 1645.
- [10] Mottillo S, Fillion KB, Genest J, et al. The metabolic syndrome and cardiovascular risk a systematic review and meta-analysis. [J]. Journal of the American College of Cardiology, 2010 (14): 1113.
- [11] Hadaegh F, Zabetian A, Khalili D, et al. A new approach to compare the predictive power of metabolic syndrome defined by a joint interim statement versus its components for incident cardiovascular disease in Middle East Caucasian residents in Tehran[J]. Journal of Epidemiology & Community Health, 2012 (5): 427 - 432.
- [12] Ding QF, Hayashi T, Zhang XJ, et al. Risks of CHD identified by different criteria of metabolic syndrome and related changes of adipocytokines in elderly postmenopausal women. [J]. Journal of Diabetes & Its Complications, 2007 (5): 315 - 319.
- [13] 陈冬梅, 彭谨, 李春花, 等. 绝经与中国南方地区女性代谢综合征的关系[J]. 中国骨质疏松杂志, 2011 (11): 945 - 950.
- [14] Sapkota AS, Sapkota A, Acharya K, et al. Study of metabolic syndrome in postmenopausal women[J]. Annals of Clinical Chemistry & Laboratory Medicine, 2015 (1): 52 - 58.
- [15] Eshtiaghi R, Esteghamati A, Nakhjavani M. Menopause is an independent predictor of metabolic syndrome in Iranian women[J]. Maturitas, 2010 (3): 262 - 266.
- [16] Figueiredo NJA, Figuerêdo ED, Barbosa JB, et al. Metabolic syndrome and menopause: cross-sectional study in gynecology clinic. [J]. Arquivos Brasileiros De Cardiologia, 2010 (3): 339 - 345.
- [17] 中华医学会妇产科学分会绝经学组. 绝经过渡期和绝经后期激素补充治疗临床应用指南 (2009 版)[J]. 中华妇产科杂志, 2010 (8): 635 - 638.
- [18] 伍琼, 洪李锋, 罗松辉, 等. 血清促甲状腺激素水平与代谢综合征的关系[J]. 中华临床医师杂志, 2013 (24): 11193 - 11196.
- [19] Wang F, Tan Y, Wang C, et al. Thyroid-stimulating hormone levels within the reference range are associated with serum lipid profiles independent of thyroid hormones. [J]. Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism, 2012 (8): 2724.
- [20] Roos A, Bakker SJ, Links TP, et al. Thyroid function is associated with components of the metabolic syndrome in euthyroid subjects [J]. Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism, 2007 (2): 491.
- [21] 王佳妮, 单忠艳, 滕卫平, 等. 血清促甲状腺激素与代谢综合征及其组分的相关关系研究[J]. 中国实用内科杂志, 2010 (6): 534 - 536.
- [22] Benseñor IM, Goulart AC, Molina MC, et al. Thyrotropin levels, insulin resistance, and metabolic syndrome: A cross-sectional analysis in the Brazilian longitudinal study of adult health (ELSA-Brasil) [J]. Europe PMC, 2015 (8): 525 - 528.
- [23] 王炜, 苏建荣. 胰岛素抵抗与甲状腺功能关系的临床研究[J]. 临床和实验医学杂志, 2015 (23): 1947 - 1949.
- [24] Waring AC, Rodondi N, Harrison S, et al. Thyroid function and prevalent and incident metabolic syndrome in older adults: the health, ageing and body composition study [J]. Clinical Endocrinology, 2012 (6): 911.

(2017-03-03 收稿, 2017-05-25 修回)

中文编辑: 吴昌学; 英文编辑: 周 凌