

中国成年人代谢异常相关的体质指数和腰围切点研究

高萌¹ 魏玉虾¹ 吕筠^{1,2} 余灿清¹ 郭或³ 卞铮³ 裴培³ 杜怀东^{4,5} 陈君石⁶
陈铮鸣⁴ 黄涛¹ 李立明¹ 代表中国慢性病前瞻性研究项目协作组

¹北京大学公共卫生学院流行病与卫生统计学系 100191; ²北京大学分子心血管学教育部重点实验室 100191; ³中国医学科学院, 北京 100730; ⁴英国牛津大学临床与流行病学研究中心纳菲尔德人群健康系 OX3 7LF; ⁵英国牛津大学医学研究委员会人口健康研究组 OX3 7LF; ⁶国家食品安全风险评估中心, 北京 100022

通信作者:黄涛, Email:huangtao@bjmu.edu.cn

【摘要】目的 研究中国成年人BMI和腰围与各项代谢危险因素之间的相关性,确定超重肥胖的适宜BMI和腰围切点。**方法** 中国慢性病前瞻性研究于2004—2008年进行基线调查,并于2013—2014年随机抽取了5%的研究对象进行第2次重复调查。本研究剔除体格指标或代谢危险因素变量缺失或极端值、自报患有恶性肿瘤者,基线纳入501 201人,第2次重复调查纳入19 201人。比较不同BMI和腰围下代谢危险因素异常率,通过受试者工作特征(ROC)曲线分析,确定预测高血压、糖尿病、血脂异常和危险因素聚集的适宜BMI和腰围切点。**结果** 随BMI或腰围的增加,高血压、糖尿病、血脂异常和危险因素聚集患病率均呈现上升的趋势。依据正确指数最大的原则选取BMI超重切点和腰围切点,男性和女性BMI超重切点均接近24.0 kg/m²,男性腰围切点接近85 cm,女性腰围切点约为80~85 cm。男性和女性中,检出各项代谢危险因素特异度达到90%的BMI切点范围为27.0~28.9 kg/m²,多数接近28.0 kg/m²,以28.0 kg/m²作为肥胖切点。**结论** 本研究在更新开展的大样本调查中进一步验证了中国肥胖问题工作组2002年推荐的超重和肥胖标准,超重和肥胖的BMI切点分别为24.0和28.0 kg/m²;中心性肥胖的腰围适宜切点男性为85 cm,女性为80~85 cm。

【关键词】 超重;肥胖;体质指数;腰围;切点

基金项目:国家重点研发计划精准医学研究重点专项(2016YFC0900500,2016YFC0900501,2016YFC0900504);国家自然科学基金(81390540,81390541,81390544);中国香港Kadoorie Charitable基金;英国Wellcome Trust(212946/Z/18/Z,202922/Z/16/Z,104085/Z/14/Z,088158/Z/09/Z)

DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2019.12.006

The cut-off points of body mass index and waist circumference for predicting metabolic risk factors in Chinese adults

Gao Meng¹, Wei Yuxia¹, Lyu Jun^{1,2}, Yu Canqing¹, Guo Yu³, Bian Zheng³, Pei Pei³, Du Huaidong^{4,5}, Chen Junshi⁶, Chen Zhengming⁴, Huang Tao¹, Li Liming¹, for the China Kadoorie Biobank Collaborative Group

¹Department of Epidemiology and Biostatistics, School of Public Health, Peking University, Beijing 100191, China; ²Key Laboratory of Molecular Cardiovascular Sciences, Ministry of Education, Peking University, Beijing 100191, China; ³Chinese Academy of Medical Sciences, Beijing 100730, China; ⁴Clinical Trial Service Unit and Epidemiological Studies Unit, Nuffield Department of Population Health, University of Oxford, Oxford OX3 7LF, UK; ⁵Medical Research Council Population Health Research Unit at the University of Oxford, Oxford OX3 7LF, UK; ⁶China National Center for Food Safety Risk Assessment, Beijing 100022, China

Corresponding author: Huang Tao, Email: huangtao@bjmu.edu.cn

【Abstract】Objective To assess the association of BMI and waist circumference (WC) with metabolic risk factors, and confirm the appropriate cut-off points of BMI and WC among Chinese adults. **Methods** After excluding participants with missing or extreme measurement values, as well as individuals with self-reported histories of cancer, a total of 501 201 adults in baseline and 19 201

adults in the second re-survey from the China Kadoorie Biobank were included. The associations of BMI and WC with metabolic risk factors were estimated. Receiver operating characteristic (ROC) analyses were conducted to assess the appropriate cut-off values of BMI and WC to predict the risk of hypertension, diabetes, dyslipidemia and clustering of risk factors. **Results** The prevalence of hypertension, diabetes, dyslipidemia and clustering of risk factors all presented ascending trends with the increasing levels of BMI or WC. Defined as the points on the ROC curve where Youden's index reached the highest, the appropriate overweight cut-off points of BMI were around 24.0 kg/m² both in men and women, and the points of WC were around 85 cm in men and 80 to 85 cm in women. With specificity 90% for identification of risk factors, the appropriate obese cut-off points of BMI were around 28.0 kg/m² both in men and women, with the range of 27.0 to 28.9 kg/m². **Conclusions** The cut-off points for overweight and obesity recommended by Cooperative Meta-analysis Group of China Obesity Task Force was verified in the large sample survey conducted more recently. The cut-off points of BMI were 24.0 and 28.0 kg/m² for overweight and obesity, and the cut-off point of WC was 85 cm in men and 80 to 85 cm in women for central obesity.

【Key words】 Overweight; Obesity; Body mass index; Waist circumference; Cut-off points

Fund programs: National Key Research and Development Program of China (2016YFC0900500, 2016YFC0900501, 2016YFC0900504); National Natural Science Foundation of China (81390540, 81390541, 81390544); Kadoorie Charitable Foundation in Hong Kong of China; Wellcome Trust in the UK (212946/Z/18/Z, 202922/Z/16/Z, 104085/Z/14/Z, 088158/Z/09/Z)

DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2019.12.006

在过去的几十年里,全球范围内成年人BMI呈现上升趋势,超重和肥胖的患病率迅速增加^[1],中国健康与营养调查显示,2011年我国成年人肥胖率为11.3%,较20年前有明显增长^[2]。肥胖与高血压、糖尿病、血脂异常等慢性病危险因素相关,也是心血管代谢性疾病的重要危险因素^[3-4]。流行病学调查中常用BMI和腰围来衡量全身性肥胖和中心性肥胖。因此,确定适宜的BMI和腰围切点,进而设置超重和肥胖的标准,有助于在人群中防治超重和肥胖。既往研究建议以BMI=24.0和28.0 kg/m²作为中国人群超重和肥胖的切点,以腰围男性=85 cm、女性=80 cm作为肥胖的切点^[5],但该调查于1990—2000年完成,距今已超过20年,这样的切点是否仍然适用,需要进一步验证。本研究基于中国慢性病前瞻性研究(China Kadoorie Biobank, CKB)基线50万和第2次重复调查2万人的数据,研究该人群中BMI和腰围与各项代谢危险因素之间的相关性,用以确定超重、肥胖以及中心性肥胖的适宜BMI和腰围切点。

对象和方法

1. 研究对象:CKB项目于2004—2008年进行基线调查,从中国5个城市和5个农村地区招募了512 715名30~79岁的当地常住居民;2013—2014年,从各个地区仍存活成员中随机抽取了5%的研究对象完成第2次重复调查,调查内容和方法与基线调查基本一致,新增了血脂指标的测量。CKB项目的设计与实施详见已发表文献[6-8]。

本研究在完成基线调查的512 715名和完成第2次重复调查的25 034名研究对象基础上进行,基线调查人群剔除BMI缺失(2人)或极端值(<15 kg/m²或≥40 kg/m², 515人)、腰围极端值(<50 cm或≥150 cm, 31人)、血压极端值(SBP<80 mmHg或DBP≥250 mmHg, 116人)(1 mmHg=0.133 kPa)、随机血糖缺失(8 341人)的调查对象,考虑到疾病可能导致体重降低,故剔除基线时自报恶性肿瘤(2 578人)的调查对象,最终纳入501 201名调查对象。第2次重复调查人群剔除BMI极端值(37人)、腰围缺失(3人)或极端值(6人)、血压极端值(3人)、随机血糖缺失(85人)、TC缺失(3 525人)、HDL-C缺失(2 119人)、LDL-C缺失(5 580人)、TG缺失(2 747人)、第2次重复调查时自报恶性肿瘤(293人)的调查对象,共纳入19 201名调查对象。在肥胖指标与各项代谢危险因素相关性的分析中,基线和第2次重复调查均进一步排除自报服用降血压(血管紧张素转换酶抑制剂、β受体阻滞剂、利尿剂、钙拮抗剂、血管紧张素受体阻滞剂)、降血糖(降糖药、胰岛素)、调脂(他汀类)药物的人群(32 959和4 894人)。

2. 研究内容:基线调查和重复调查中,研究对象的文化程度、服药情况通过调查员面对面询问获得,身高、体重和腰围均由经过培训的调查员采用统一的标准和器材直接测量,单位为cm或kg,读数精确到0.1。BMI=体重(kg)/身高(m)²。基线和第2次重复调查分别采用AND UA-779电子血压计和欧姆龙HEM-7430型血压计测量血压,每次调查时,每位研究对象测量2次,如2次测量的SBP差值>

10 mmHg,需测量第3次,并记录后2次测量值,研究中采用2次测量的平均值进行分析。对每名调查对象采集随机时点血样10 ml,并记录距离上次进食的时间。在基线和第2次重复调查时分别采用SureStepPlus强生稳步倍加型血糖仪和艾科·益优血糖测试系统,取微量血样现场检测随机血糖,对于空腹时间 <8 h且随机血糖异常(7.8~11.0 mmol/L)的调查对象,次日复查FPG。第2次重复调查时采用艾康公司的“血脂四项”光化学血脂分析仪,在现场快速检测血样中的TC、HDL-C、LDL-C和TG的浓度。

代谢危险因素异常的定义:血脂部分的定义依据中国成人血脂异常防治指南^[9]:①高血压指SBP ≥ 140 mmHg和/或DBP ≥ 90 mmHg,或自报患有高血压,或服用降血压药物;②糖尿病指空腹时间 <8 h且随机血糖 ≥ 11.1 mmol/L,或空腹时间 ≥ 8 h且随机血糖 ≥ 7.0 mmol/L,或FPG ≥ 7.0 mmol/L,或自报患有糖尿病;③TC升高指TC ≥ 5.2 mmol/L;④HDL-C降低指HDL-C <1.0 mmol/L;⑤LDL-C升高指LDL-C ≥ 3.4 mmol/L;⑥TG升高指TG ≥ 1.7 mmol/L;⑦血脂异常指存在 ≥ 1 种上述4种血脂异常;⑧危险因素聚集指具有高血压、糖尿病、血脂异常中 ≥ 2 种者。

3. 统计学分析:分性别、年龄组报告体格指标和各项代谢危险因素异常的基本情况,并比较不同BMI和腰围分组中各项代谢危险因素异常率和危险因素聚集率,观察可能的趋势。相关性分析中,分别计算调整年龄(5岁一组)、地区(10个)后,肥胖指标(BMI和腰围)与代谢危险因素间的偏相关系数;之后采用多重线性回归模型,以BMI或腰围为自变量,以代谢危险因素为因变量(为使残差满足正态性,TG采用自然对数转换),检验线性关联,并计算BMI每增加3 kg/m²(约1个标准差)或腰围每增加10 cm(约1个标准差)时各项代谢危险因素的变化,模型1调整年龄、地区、文化程度、吸烟、饮酒、体力活动,模型2在模型1的基础上进一步调整腰围或BMI。采用受试者工作特征(ROC)曲线分析BMI和腰围预测各项代谢危险因素异常的价值,依据正确指数(敏感度+特异度-1)最大原则选取最佳切点,分别作为BMI的超重切点和腰围的肥胖切点,同时选取特异度超过90%的切点作为BMI的肥胖切点。根据以上分析得到的BMI和腰围切点,计算在此切点以上与以下相比,各项代谢危险因素异常的年龄调整OR值,以及该切点以上者占研究人群的百分

率(p),并计算在此切点以上各项代谢危险因素异常的人群归因危险度百分比(population attributable risk proportion, PARP), $PARP(\%) = 100 \times p(OR - 1) / [p(OR - 1) + 1]$ 。本研究进行敏感性分析,排除自报患有心血管疾病的研究对象后再次进行分析,报告切点是否改变。采用Stata 15.0软件进行统计分析,均为双侧检验,以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

1. 人群基本情况:基线共纳入501 201人,年龄(52.0 \pm 10.7)岁,男性占41.0%;第2次重复调查共纳入19 201人,年龄(59.5 \pm 10.0)岁,男性占36.8%。其中,基线和第2次重复调查中肥胖指标与代谢危险因素相关性分析分别纳入468 242人和14 307人。基线调查中,BMI和腰围的均值随年龄组先升高后降低,BMI均值在40~岁组的男性和45~岁的女性达到最高,腰围均值在40~岁组的男性和65~岁组的女性达到最高。第2次重复调查的人群年龄偏大,低年龄组人数较少,结果与基线调查相似。无论男性和女性,高血压、糖尿病、危险因素聚集均为高年龄组中患病率更高,血脂异常在男性中高年龄组患病率更低,而在女性中高年龄组中患病率更高(表1、2)。

2. 不同BMI或腰围分组的代谢危险因素异常情况:不同BMI或腰围分组的代谢危险因素异常率见图1、2。随BMI或腰围的增加,高血压、糖尿病、血脂异常和危险因素聚集均呈现上升的趋势。

3. BMI、腰围与各项代谢危险因素的相关性: BMI与腰围有高度相关性[偏相关系数(r)=0.84~0.87],血压、随机血糖、TG与BMI、腰围均有弱到中度的正向相关性(r =0.08~0.35),而HDL-C与BMI、腰围均有负向相关性(r =-0.26~-0.34),以上相关性均有统计学意义($P < 0.05$)。采用多重线性回归模型,发现血压、随机血糖、TC、HDL-C、TG的自然对数与BMI、腰围的关联均呈现线性趋势,而LDL-C与BMI、腰围的关联没有明显的线性趋势(结果未显示)。多重线性模型显示,BMI每升高3 kg/m²,SBP约升高3.4~5.1 mmHg,随机血糖约升高0.16~0.25 mmol/L,TC的变化不明显,关联多为在男性中强于在女性中,且当增加调整腰围时,关联变弱。腰围每升高10 cm,血压约升高3.3~5.0 mmHg,随机血糖约升高0.25~0.30 mmol/L,且当增加调整BMI时,关联变弱(表3)。

表 1 基线体格指标和代谢危险因素异常的基本情况

年龄组(岁)	人数	身高(cm)	体重(kg)	BMI(kg/m ²)	腰围(cm)	高血压(%)	糖尿病(%)
男性							
30~	3 469	168.7±6.3	67.1±11.7	23.5±3.5	82.0±9.5	14.6	1.2
35~	25 433	167.7±6.2	66.7±11.0	23.7±3.3	82.3±9.5	18.7	1.8
40~	31 408	167.1±6.2	66.7±10.8	23.8±3.2	83.0±9.5	24.8	3.2
45~	26 694	166.3±6.4	65.9±10.7	23.8±3.1	82.8±9.6	31.4	4.9
50~	34 150	165.3±6.3	64.5±10.5	23.5±3.1	82.0±9.5	36.1	5.6
55~	28 238	164.1±6.2	63.1±10.4	23.4±3.2	81.7±9.7	43.0	6.9
60~	21 456	163.3±6.2	62.1±10.5	23.2±3.2	81.6±10.0	51.4	7.8
65~	18 872	163.0±6.2	61.0±10.6	22.9±3.3	81.3±10.3	56.8	8.7
70~	14 235	162.6±6.3	60.5±10.7	22.8±3.3	81.6±10.5	61.2	9.9
75~	1 730	162.6±6.0	60.1±10.7	22.7±3.5	82.1±11.0	62.5	10.0
合计	205 685	165.3±6.5	64.3±10.9	23.5±3.2	82.1±9.8	37.6	5.6
女性							
30~	6 111	156.4±5.7	55.2±8.4	22.6±3.1	74.5±8.1	6.0	0.7
35~	40 908	155.9±5.7	56.1±8.6	23.0±3.1	75.5±8.2	9.7	1.1
40~	51 267	156.0±5.7	57.7±8.9	23.7±3.2	77.5±8.5	17.5	2.3
45~	40 446	155.1±5.8	58.3±9.1	24.2±3.3	79.0±8.8	27.5	4.3
50~	51 394	154.2±5.7	57.5±9.4	24.2±3.4	80.0±9.2	36.6	6.0
55~	40 096	153.2±5.7	56.8±9.7	24.1±3.5	80.9±9.8	45.4	9.0
60~	27 225	152.1±5.7	55.9±9.9	24.1±3.7	81.2±10.1	53.5	11.2
65~	21 906	151.5±5.7	54.9±10.1	23.9±3.8	81.4±10.5	59.8	13.7
70~	14 500	150.1±5.8	53.4±10.2	23.6±3.9	81.2±10.9	64.4	13.1
75~	1 663	149.5±5.6	51.9±10.0	23.1±3.8	80.8±10.9	65.0	12.3
合计	295 516	154.2±6.0	56.7±9.4	23.8±3.4	79.1±9.5	33.7	6.2

表 2 第 2 次重复调查体格指标和代谢危险因素异常的基本情况

年龄组(岁)	人数	身高(cm)	体重(kg)	BMI(kg/m ²)	腰围(cm)	高血压(%)	糖尿病(%)	高 TC(%)	低 HDL-C(%)	高 LDL-C(%)	高 TG(%)	血脂异常(%)	危险因素聚集(%)
男性													
<50	1 481	166.8±6.2	69.4±11.1	24.9±3.3	88.3±9.4	31.5	4.9	12.6	30.8	9.0	40.3	59.7	24.0
50~	913	166.4±6.1	68.4±10.9	24.6±3.3	88.1±9.9	42.3	9.0	9.4	28.7	7.3	39.9	55.1	30.4
55~	1 182	164.8±6.2	66.3±10.3	24.3±3.1	86.7±9.5	50.9	9.2	12.9	23.4	7.7	33.9	50.3	33.7
60~	1 201	163.8±6.0	64.9±10.1	24.1±3.1	86.1±9.4	57.5	10.5	12.4	22.1	9.3	30.8	48.3	34.3
65~	916	162.8±6.2	63.3±10.7	23.8±3.3	85.7±10.3	65.9	9.8	14.7	21.4	9.7	29.5	47.9	39.0
70~	1 378	162.1±6.1	61.5±10.8	23.3±3.5	84.8±10.6	73.3	10.6	13.0	19.2	7.6	25.8	44.3	39.6
合计	7 071	164.5±6.4	65.6±11.1	24.2±3.3	86.6±9.9	53.2	8.8	12.6	24.3	8.5	33.3	51.1	33.2
女性													
<50	2 658	155.6±5.7	59.0±9.1	24.3±3.3	82.4±8.8	23.8	3.0	11.5	12.0	5.4	28.1	39.5	12.5
50~	1 677	154.9±5.8	59.0±8.9	24.6±3.3	83.6±8.8	39.1	6.9	16.7	12.3	8.5	38.3	49.8	24.6
55~	2 248	153.8±5.8	57.9±9.1	24.4±3.3	83.8±9.2	50.4	8.9	21.3	12.3	10.9	39.8	55.0	33.8
60~	2 201	152.5±5.5	56.5±9.2	24.3±3.4	83.7±9.6	59.3	13.0	23.4	11.3	12.1	41.3	56.8	40.5
65~	1 466	151.8±5.9	56.5±9.9	24.4±3.8	84.5±10.3	67.5	14.1	23.1	12.2	11.4	45.1	59.1	48.1
70~	1 880	149.8±5.9	53.6±9.9	23.8±3.8	83.5±10.6	78.7	14.4	23.9	10.1	13.1	42.3	56.9	50.9
合计	12 130	153.3±6.1	57.2±9.5	24.3±3.5	83.5±9.5	51.1	9.5	19.5	11.7	10.0	38.3	52.0	33.4

4. 预测各项代谢危险因素异常的 ROC 曲线分析和适宜切点: BMI 和腰围用于预测高血压、糖尿病、低 HDL-C、高 TG、血脂异常、危险因素聚集时, ROC 曲线下面积为 0.6~0.7, 而对预测高 TC、高 LDL-C 的价值不大(曲线下面积<0.6), 其中腰围比 BMI 预测糖尿病的 ROC 曲线下面积明显更大, 而对其他代谢危险因素的预测, BMI 和腰围的 ROC 曲线下面积相似(表 4)。

依据正确指数最大的原则选取 BMI 超重切点和腰围切点, 年龄合并组中男性和女性 BMI 超重切点均接近 24.0 kg/m², 男性腰围切点接近 85 cm, 女性腰围切点较不一致, 约为 80~85 cm。检出各项代谢危险因素特异度超过 90% 的 BMI 切点范围为 27.0~28.9 kg/m², 多数接近 28.0 kg/m², 选取 28.0 kg/m² 作为肥胖切点(表 5)。排除基线和重复调查中自报心血管疾病的研究对象后, 各切点值没有明显改变。

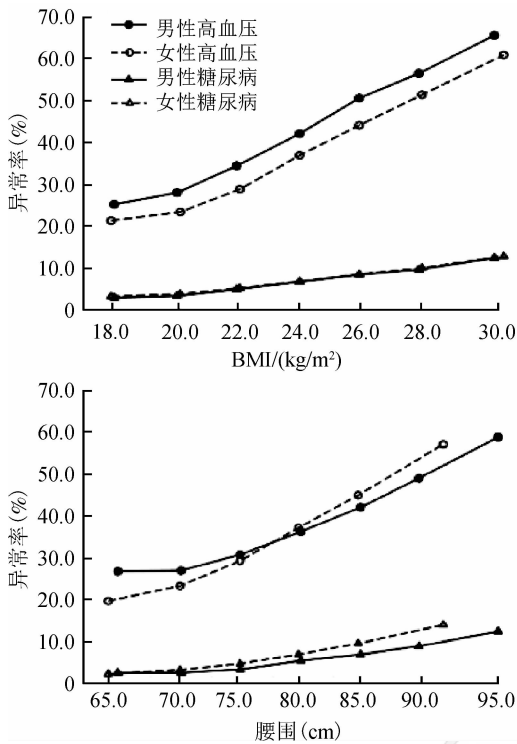


图1 基线人群不同BMI和腰围分组的代谢危险因素异常率

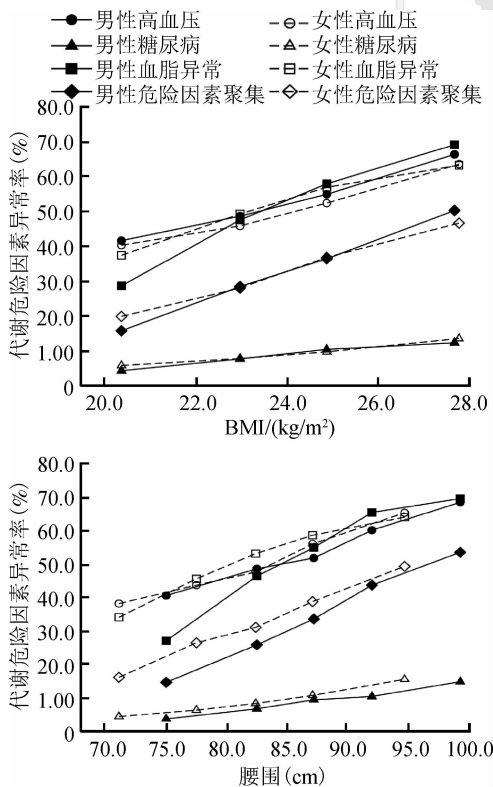


图2 第2次重复调查人群不同BMI和腰围分组的代谢危险因素异常率

5. 不同BMI和腰围切点代谢危险因素异常的PARP: 根据人群归因危险度的分析, 人群中BMI ≥ 24.0 kg/m²约占40%~50%, 如果将BMI控制在此切

点以下, 可能防止人群中约40%的高血压, 25%~33%的糖尿病, 36%~49%的血脂异常, 以及约50%的危险因素聚集。以BMI 28.0 kg/m²为“肥胖”的切点, 在男女性检出各项代谢危险因素异常的特异度均高于85%, 即假阳性率低于15%, 此切点以上者约占人群9%~14%, 如对这部分人进行干预, 可以分别防止约16%~19%的高血压, 7%~10%的糖尿病, 11%~15%的血脂异常, 以及约20%的危险因素聚集。

男性腰围 > 85 cm者占男性总人群的40%~55%, 控制男性腰围 < 85 cm, 可能防止约37%~43%的高血压, 32%~44%的糖尿病, 55%的血脂异常, 以及约58%的危险因素聚集。女性人群中, 腰围在80和85 cm以上者分别占45%~65%和26%~43%, 将女性人群腰围控制在此切点以下, 可分别防止约52%和40%的危险因素聚集(表6)。

讨论

本研究基于中国人群的大样本数据, 分析了BMI和腰围对代谢危险因素异常的预测价值, 确定超重和肥胖的适宜BMI和腰围切点。研究发现超重和肥胖的BMI适宜切点分别为24.0和28.0 kg/m²; 中心性肥胖的腰围适宜切点男性为85 cm, 女性为80~85 cm, 与2002年指南相似^[5]。如果BMI、腰围与代谢危险因素之间的因果关系成立, 将BMI控制在超重切点以下, 或将腰围控制在中心性肥胖切点以下, 均可能防止约50%人群的危险因素聚集, 具有较高的公共卫生价值。

本研究发现BMI和腰围与多项代谢危险因素有明显的线性相关关系, 随BMI和腰围的增加, 血压、随机血糖、TG明显升高, HDL-C明显降低, 这与既往人群研究结果相似^[10-18], 为切点研究提供基础。而且, 随着BMI和腰围的增加, 各种危险因素异常和危险因素聚集率也呈现单调上升趋势, 没有明显的拐点。不论BMI还是腰围切点, 随着切点值升高, 敏感度均降低, 特异度均升高, 本研究综合考虑敏感度和特异度确定了适宜的切点。

此前已有多篇中国人群的报告评价成年人BMI与腰围的适宜切点, 2002年中国肥胖问题工作组推荐以BMI 24.0和28.0 kg/m²作为超重和肥胖的切点, 以腰围男性85 cm、女性80 cm作为肥胖的切点^[5]; 近年来, 中国人群研究显示, 男性BMI最佳切点为23.2~26.3 kg/m², 腰围切点为84~87 cm, 女性BMI切点为22.1~24.4 kg/m², 腰围切点为75~83 cm^[20-22];

表 3 肥胖指标与各项代谢危险因素的线性关联效应值及其 95%CI

危险因素	基线			第 2 次重复调查					
	SBP (mmHg)	DBP (mmHg)	随机血糖 (mmol/L)	SBP (mmHg)	DBP (mmHg)	随机血糖 (mmol/L)	TC (mmol/L)	HDL-C (mmol/L)	Ln (TG)
男性									
BMI 每升高 3 kg/m ²									
模型 1	5.07 (4.99~5.15)	2.93 (2.88~2.97)	0.16 (0.15~0.17)	3.64 (3.20~4.09)	2.63 (2.36~2.90)	0.25 (0.20~0.30)	0.04 (0.02~0.06)	-0.13 (-0.14~-0.12)	0.17 (0.16~0.18)
模型 2	4.53 (4.37~4.69)	2.20 (2.11~2.29)	-0.13 (-0.14~-0.11)	2.75 (1.84~3.65)	1.61 (1.07~2.15)	0.08 (-0.02~0.17)	0.03 (-0.02~0.07)	-0.07 (-0.09~-0.05)	0.04 (0.02~0.07)
腰围每升高 10 cm									
模型 1	5.04 (4.95~5.13)	3.04 (2.99~3.10)	0.25 (0.24~0.26)	3.81 (3.31~4.31)	2.87 (2.57~3.17)	0.30 (0.25~0.35)	0.04 (0.02~0.07)	-0.14 (-0.15~-0.13)	0.21 (0.19~0.22)
模型 2	0.70 (0.53~0.88)	0.94 (0.83~1.04)	0.37 (0.35~0.39)	1.15 (0.14~2.16)	1.31 (0.70~1.91)	0.22 (0.12~0.33)	0.02 (-0.03~0.06)	-0.07 (-0.09~-0.05)	0.17 (0.14~0.19)
女性									
BMI 每升高 3 kg/m ²									
模型 1	4.30 (4.24~4.37)	2.21 (2.17~2.24)	0.16 (0.16~0.17)	3.38 (3.04~3.73)	2.36 (2.17~2.56)	0.19 (0.16~0.22)	0.04 (0.02~0.05)	-0.09 (-0.10~-0.08)	0.13 (0.12~0.14)
模型 2	4.02 (3.90~4.13)	2.02 (1.96~2.08)	-0.11 (-0.12~-0.09)	3.56 (2.91~4.21)	2.19 (1.83~2.55)	0.02 (-0.04~0.08)	0.05 (0.02~0.08)	-0.04 (-0.05~-0.02)	0.04 (0.02~0.06)
腰围每升高 10 cm									
模型 1	4.55 (4.47~4.63)	2.35 (2.31~2.39)	0.28 (0.28~0.29)	3.33 (2.92~3.74)	2.45 (2.22~2.68)	0.26 (0.22~0.30)	0.04 (0.02~0.06)	-0.11 (-0.12~-0.11)	0.16 (0.15~0.17)
模型 2	0.42 (0.28~0.56)	0.28 (0.20~0.35)	0.39 (0.38~0.41)	-0.25 (-1.02~0.52)	0.25 (-0.18~0.68)	0.24 (0.17~0.31)	-0.01 (-0.04~0.03)	-0.08 (-0.09~-0.06)	0.12 (0.10~0.14)

注:模型 1:调整年龄(基线 30~、35~、40~、45~、50~、55~、60~、65~、70~、75 岁;第 2 次重复调查 <45、45~、50~、55~、60~、65~、70~、75 岁)、地区(10 个)、文化程度(未正规上过学,小学,初中,高中,大专,大学及以上)、吸烟(从不或偶尔吸烟,非因病戒烟,当前吸烟及因病戒烟)、饮酒(非每周饮酒,曾经每周饮酒,每周但非每日饮酒,每日饮酒)、体力活动(3 组);模型 2:模型 1+BMI 或腰围(连续);第 2 次重复调查中 LDL-C 与 BMI、腰围的关联没有明显线性趋势,表中未显示

表 4 BMI 和腰围预测各项代谢危险因素异常的 ROC 曲线下面积和 95%CI

危险因素	BMI		腰围	
	男性	女性	男性	女性
基线调查				
高血压	0.629(0.626~0.631)	0.636(0.634~0.639)	0.621(0.618~0.623)	0.654(0.652~0.657)
糖尿病	0.629(0.624~0.635)	0.621(0.616~0.625)	0.664(0.659~0.669)	0.681(0.678~0.685)
第 2 次重复调查				
高血压	0.616(0.603~0.629)	0.610(0.600~0.620)	0.617(0.604~0.630)	0.615(0.605~0.625)
糖尿病	0.617(0.595~0.640)	0.602(0.585~0.619)	0.642(0.620~0.664)	0.638(0.621~0.654)
高 TC	0.550(0.530~0.569)	0.520(0.507~0.533)	0.552(0.532~0.572)	0.511(0.498~0.524)
低 HDL-C	0.669(0.655~0.683)	0.619(0.604~0.634)	0.669(0.655~0.683)	0.617(0.603~0.632)
高 LDL-C	0.564(0.542~0.587)	0.532(0.515~0.549)	0.551(0.528~0.574)	0.507(0.490~0.523)
高 TG	0.680(0.668~0.693)	0.633(0.623~0.643)	0.693(0.680~0.705)	0.648(0.638~0.658)
血脂异常	0.680(0.667~0.692)	0.617(0.607~0.627)	0.687(0.675~0.700)	0.622(0.612~0.632)
危险因素聚集	0.677(0.664~0.690)	0.642(0.632~0.652)	0.688(0.675~0.701)	0.653(0.643~0.663)

其他亚洲国家研究显示,BMI 切点为 22.1~23.9 kg/m²,腰围切点为男性 80~86 cm,女性 72~80 cm^[23-26]。本研究中得到的 BMI 切点和男性的腰围切点与 2002 年指南和既往研究相似,进一步验证了超重和肥胖标准。但是,女性腰围切点在不同代谢危险因素间存在差异,对于血脂异常而言,女性腰围切点约为 80 cm;而以代谢危险因素聚集为参考,女性腰围切点接近 85 cm。

本研究中,调整 BMI 后,腰围与随机血糖仍存

在较强的线性关联,表明腰围是血糖升高的独立危险因素。而且,与 BMI 相比,腰围预测糖尿病的 ROC 曲线下面积更大,有更高的预测价值,这与既往中国研究结果类似^[20]。腰围能够更好地反映腹部脂肪堆积,是中心性肥胖的重要指标,将腰围控制在正常范围,对于防治糖代谢异常具有更重要的意义。

既往研究发现,血脂异常率随年龄组呈现先升高后降低的趋势,且女性中高峰值出现更晚(男性 50~59 岁组;女性 60~69 岁组)^[27]。本研究中血脂

表5 预测各项代谢危险因素异常的适宜BMI和腰围切点以及对应的敏感度(%)和特异度(%)

危险因素	男性BMI(kg/m ²)						女性BMI(kg/m ²)						男性腰围(cm)			女性腰围(cm)			
	超重			肥胖			超重			肥胖			切点	敏感度	特异度	切点	敏感度	特异度	
	切点	敏感度	特异度	切点	敏感度	特异度	切点	敏感度	特异度	切点	敏感度	特异度							
基线																			
高血压	24.1	52.78	66.55	27.0	21.87	90.03	24.2	56.70	63.80	27.6	22.22	90.43	84.0	53.59	64.67	79.8	60.57	62.62	
糖尿病	23.9	61.43	58.15	27.7	19.06	90.10	24.0	61.95	55.70	28.3	18.99	90.16	82.9	69.49	55.63	79.9	70.09	56.91	
第2次重复调查																			
高血压	24.4	54.20	63.27	27.7	19.10	90.24	24.5	53.71	62.89	27.8	20.28	90.35	86.2	59.63	57.87	85.6	48.71	68.99	
糖尿病	24.6	60.96	57.96	28.4	17.44	90.16	25.6	48.01	67.79	28.7	17.39	90.18	88.0	64.48	57.28	86.0	57.44	63.13	
高TC	24.6	51.35	57.38	28.5	11.26	90.12	23.9	55.76	48.17	28.8	10.64	90.02	86.2	59.80	49.77	76.7	78.01	24.60	
低HDL-C	23.8	72.77	52.62	28.0	21.41	90.13	23.6	72.21	45.98	28.7	16.64	90.26	87.0	67.89	57.66	83.0	67.28	50.33	
高LDL-C	22.8	75.08	35.52	28.5	12.37	90.16	24.9	46.86	59.45	28.9	10.07	90.28	80.9	79.43	29.37	74.4	86.22	17.51	
高TG	23.3	77.61	49.06	27.8	22.26	90.28	23.5	69.51	50.45	28.2	17.72	90.32	86.2	70.78	58.24	82.3	67.61	54.39	
血脂异常	23.3	73.28	54.19	27.5	22.10	90.00	23.6	64.81	53.23	28.1	16.75	90.37	86.2	65.47	63.21	79.8	73.28	44.59	
危险因素聚集	24.4	63.77	62.79	27.8	22.80	90.52	24.2	63.32	57.97	28.0	21.48	90.03	86.2	70.46	58.01	85.5	55.18	66.89	

表6 不同BMI和腰围切点时各项代谢危险因素异常的PARP(%)

危险因素	BMI ≥ 24.0 kg/m ²				BMI ≥ 28.0 kg/m ²				腰围 ≥ 85 cm				腰围 ≥ 85 cm	
	男性		女性		男性		女性		男性		女性		女性	
	OR值	PARP	OR值	PARP	OR值	PARP	OR值	PARP	OR值	PARP	OR值	PARP	OR值	PARP
基线														
高血压	2.68	41.3	2.42	39.2	3.21	16.5	2.79	17.4	2.52	36.9	2.19	34.7	2.24	24.4
糖尿病	1.90	27.4	1.73	24.9	1.88	7.3	1.71	7.7	2.23	32.1	2.32	37.1	2.21	23.9
第2次重复调查														
高血压	2.34	40.7	2.30	40.1	2.81	18.7	2.73	19.3	2.31	42.7	2.04	40.0	2.17	33.5
糖尿病	1.98	33.4	1.88	31.2	1.67	7.8	1.83	10.3	2.39	44.2	2.27	44.9	2.14	32.9
高TC	1.07	3.5	1.15	7.2	1.01	0.1	1.03	0.4	1.19	9.8	1.11	6.6	1.05	2.1
低HDL-C	3.08	51.5	1.98	33.6	2.50	16.0	1.88	10.8	3.19	55.5	2.28	45.1	1.88	27.4
高LDL-C	1.04	2.0	1.23	10.6	1.12	1.5	1.06	0.8	0.97	-1.7	1.09	5.5	1.00	0.0
高TG	2.90	49.3	2.32	40.5	2.50	16.0	2.02	12.4	3.34	57.1	2.66	51.6	2.36	36.9
血脂异常	2.87	48.9	2.11	36.4	2.46	15.6	1.91	11.2	3.12	54.7	2.28	45.1	2.06	31.3
危险因素聚集	2.99	50.4	2.74	47.3	3.04	20.5	2.68	18.8	3.42	57.9	2.69	52.0	2.57	40.3

注: PARP: 人群归因危险度百分比; 基线OR值调整年龄(30~、35~、40~、45~、50~、55~、60~、65~、70~、75~岁)、地区(10个); 第2次重复调查OR值调整年龄(<45、45~、50~、55~、60~、65~、70~、75~岁)、地区(10个)

异常在男性中高年龄组患病率更低,可能是因为第2次重复调查人群年龄较大,多为40岁以上,表现为高峰后的降低趋势;而女性人群在40~69岁间则表现为随年龄组的升高趋势,因此呈现出性别差异。这种趋势可能通过腰围的年龄趋势解释,女性腰围高峰值出现时间同样比男性更晚,血脂异常与腰围关系紧密,表现出与腰围相似的趋势。

本研究优势在于人群样本量相对较大,覆盖地区较广。而且,血压和血糖部分在基线和第2次重复调查中均进行分析,结果基本一致。本研究存在一定的局限性。首先,本研究为横断面研究,不能确定BMI、腰围与各项代谢危险因素之间的因果关联,需要在前瞻性研究中验证。其次,本研究人群,特别是第2次重复调查人群,年龄偏大,且血脂指标仅在第2次重复调查中获得,本研究结果外推至年轻成

年人时需谨慎。

本研究通过分析CKB项目10个地区基线50万人和第2次重复调查2万人的数据,得到预测代谢危险因素异常的BMI和腰围的适宜切点。采用该切点确定超重肥胖人群,有针对性地进行减重干预,对于防治各项代谢危险因素异常和慢性病有重要的意义。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

志谢 感谢所有参加CKB项目的队列成员和各项目地区的现场调查队调查员。感谢项目管理委员会、国家项目办公室、天津协作中心和10个项目地区办公室的工作人员

参 考 文 献

[1] NCD Risk Factor Collaboration. Trends in adult body-mass index in 200 countries from 1975 to 2014: a pooled analysis of 1 698 population-based measurement studies with 19.2 million participants [J]. Lancet, 2016, 387 (10026) : 1377-1396. DOI:

- 10.1016/s0140-6736(16)30054-x.
- [2] Mi YJ, Zhang B, Wang HJ, et al. Prevalence and secular trends in obesity among Chinese adults, 1991–2011 [J]. *Am J Prev Med*, 2015, 49(5): 661–669. DOI: 10.1016/j.amepre.2015.05.005.
 - [3] Chen ZM, Iona A, Parish S, et al. Adiposity and risk of ischaemic and haemorrhagic stroke in 0.5 million Chinese men and women: a prospective cohort study [J]. *Lancet Glob Health*, 2018, 6(6): e630–e640. DOI: 10.1016/s2214-109x(18)30216-x.
 - [4] Lu Y, Hajifathalian K, Ezzati M, et al. Metabolic mediators of the effects of body-mass index, overweight, and obesity on coronary heart disease and stroke: a pooled analysis of 97 prospective cohorts with 1.8 million participants [J]. *Lancet*, 2014, 383(9921): 970–983. DOI: 10.1016/s0140-6736(13)61836-x.
 - [5] 中国肥胖问题工作组数据汇总分析协作组. 我国成人超重指数和腰围对相关疾病危险因素异常的预测价值: 适宜体重指数和腰围切点的研究 [J]. *中华流行病学杂志*, 2002, 23(1): 5–10. DOI: 10.3760/j.issn:0254-6450.2002.01.003.
Cooperative Meta-analysis Group of China Obesity Task Force. Predictive values of body mass index and waist circumference to risk factors of related diseases in Chinese adult population [J]. *Chin J Epidemiol*, 2002, 23(1): 5–10. DOI: 10.3760/j.issn:0254-6450.2002.01.003.
 - [6] Chen ZM, Chen JS, Collins R, et al. China Kadoorie Biobank of 0.5 million people: survey methods, baseline characteristics and long-term follow-up [J]. *Int J Epidemiol*, 2011, 40(6): 1652–1666. DOI: 10.1093/ije/dyr120.
 - [7] Chen ZM, Lee L, Chen JS, et al. Cohort profile: the Kadoorie study of chronic disease in China (KSCDC) [J]. *Int J Epidemiol*, 2005, 34(6): 1243–1249. DOI: 10.1093/ije/dyi174.
 - [8] 李立明, 吕筠, 郭彧, 等. 中国慢性病前瞻性研究: 研究方法和调查对象的基线特征 [J]. *中华流行病学杂志*, 2012, 33(3): 249–255. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2012.03.001.
Li LM, Lv J, Guo Y, et al. The China Kadoorie Biobank: related methodology and baseline characteristics of the participants [J]. *Chin J Epidemiol*, 2012, 33(3): 249–255. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2012.03.001.
 - [9] 中国成人血脂异常防治指南修订联合委员会. 中国成人血脂异常防治指南(2016年修订版) [J]. *中国循环杂志*, 2016, 31(10): 937–9503. DOI: 10.3969/j.issn.1000-3614.2016.10.001.
Chinese Adult Dyslipidemia Prevention Guidelines Revision Joint Committee. Guidelines for prevention and treatment of dyslipidemia in adults in China (revised version 2016) [J]. *Chin Circulat J*, 2016, 31(10): 937–9530. DOI: 10.3969/j.issn.1000-3614.2016.10.001.
 - [10] Li R, Shi L, Jia J, et al. Differentiating the associations of waist circumference and body mass index with cardiovascular disease risk in a Chinese population [J]. *Asia Pac J Public Health*, 2015, 27(2): NP457–NP467. DOI: 10.1177/1010539512465306.
 - [11] Wildman RP, Gu DF, Reynolds K, et al. Are waist circumference and body mass index independently associated with cardiovascular disease risk in Chinese adults? [J]. *Am J Clin Nutr*, 2005, 82(6): 1195–1202. DOI: 10.1093/ajcn/82.6.1195.
 - [12] Chen ZM, Smith M, Du HD, et al. Blood pressure in relation to general and central adiposity among 500 000 adult Chinese men and women [J]. *Int J Epidemiol*, 2015, 44(4): 1305–1319. DOI: 10.1093/ije/dyv012.
 - [13] Fu WN, Cao SY, Liu B, et al. Association of general and central adiposity with blood pressure among Chinese adults: results from the China National Stroke Prevention Project [J]. *J Hypertens*, 2018, 36(12): 2406–2413. DOI: 10.1097/hjh.0000000000001852.
 - [14] Gnatiuc L, Alegre-Diaz J, Halsey J, et al. Adiposity and blood pressure in 110 000 Mexican adults [J]. *Hypertension*, 2017, 69(4): 608–614. DOI: 10.1161/hypertensionaha.116.08791.
 - [15] Whitlock G, Lewington S, Sherliker P, et al. Body-mass index and cause-specific mortality in 900 000 adults: collaborative analyses of 57 prospective studies [J]. *Lancet*, 2009, 373(9669): 1083–1096. DOI: 10.1016/s0140-6736(09)60318-4.
 - [16] Farin H MF, Abbasi F, Reaven GM. Body mass index and waist circumference correlate to the same degree with insulin-mediated glucose uptake [J]. *Metabolism*, 2005, 54(10): 1323–1328. DOI: 10.1016/j.metabol.2005.04.021.
 - [17] Chen Y, Zhang X P, Yuan J, et al. Association of body mass index and age with incident diabetes in Chinese adults: a population-based cohort study [J]. *BMJ Open*, 2018, 8(9): e021768. DOI: 10.1136/bmjopen-2018-021768.
 - [18] Hartemink N, Boshuizen HC, Nagelkerke NJD, et al. Combining risk estimates from observational studies with different exposure cutpoints: a Meta-analysis on body mass index and diabetes type 2 [J]. *Am J Epidemiol*, 2006, 163(11): 1042–1052. DOI: 10.1093/aje/kwj141.
 - [19] 赵连成, 李莹, 武阳丰, 等. 不同体重指数和腰围水平与血清高密度脂蛋白胆固醇的关系 [J]. *中华心血管病杂志*, 2003, 31(4): 302–305. DOI: 10.3760/j.issn:0253-3758.2003.04.018.
Zhao LC, Li Y, Wu YF, et al. Relation of body mass index and waist circumference to the level of high density lipoprotein cholesterol (HDL-C) and low HDL-C prevalence [J]. *Chin J Cardiol*, 2003, 31(4): 302–305. DOI: 10.3760/j.issn:0253-3758.2003.04.018.
 - [20] Zeng Q, He Y, Dong SY, et al. Optimal cut-off values of BMI, waist circumference and waist: height ratio for defining obesity in Chinese adults [J]. *Br J Nutr*, 2014, 112(10): 1735–1744. DOI: 10.1017/s0007114514002657.
 - [21] Tseng CH, Chong CK, Chan TT, et al. Optimal anthropometric factor cutoffs for hyperglycemia, hypertension and dyslipidemia for the Taiwanese population [J]. *Atherosclerosis*, 2010, 210(2): 585–589. DOI: 10.1016/j.atherosclerosis.2009.12.015.
 - [22] Yu JX, Tao YC, Tao YH, et al. Optimal cut-off of obesity indices to predict cardiovascular disease risk factors and metabolic syndrome among adults in Northeast China [J]. *BMC Public Health*, 2016, 16(1): 1079. DOI: 10.1186/s12889-016-3694-5.
 - [23] Ito H, Nakasuga K, Ohshima A, et al. Detection of cardiovascular risk factors by indices of obesity obtained from anthropometry and dual-energy X-ray absorptiometry in Japanese individuals [J]. *Int J Obes Relat Metab Disord*, 2003, 27(2): 232–237. DOI: 10.1038/sj.ijo.802226.
 - [24] Cheong KC, Ghazali SM, Hock LK, et al. Optimal waist circumference cut-off values for predicting cardiovascular risk factors in a multi-ethnic Malaysian population [J]. *Obes Res Clin Pract*, 2014, 8(2): e154–e162. DOI: 10.1016/j.orcp.2013.03.004.
 - [25] Baik I. Optimal cutoff points of waist circumference for the criteria of abdominal obesity: comparison with the criteria of the International Diabetes Federation [J]. *Circ J*, 2009, 73(11): 2068–2075. DOI: 10.1253/circj.cj-09-0303.
 - [26] Sakurai M, Takamura T, Miura K, et al. Middle-aged Japanese women are resistant to obesity-related metabolic abnormalities [J]. *Metabolism*, 2009, 58(4): 456–459. DOI: 10.1016/j.metabol.2008.11.001.
 - [27] Pan L, Yang Z, Wu Y, et al. The prevalence, awareness, treatment and control of dyslipidemia among adults in China [J]. *Atherosclerosis*, 2016, 248: 2–9. DOI: 10.1016/j.atherosclerosis.2016.02.006.

(收稿日期: 2019-10-24)

(本文编辑: 李银鸽)