

应用营养

我国成年男子膳食矿物元素摄入状况及评价分析
——基于第五次中国总膳食研究闫晓¹,张朝正²,潘登²

(1. 河北金融学院,河北保定 071051;2. 国家食品安全风险评估中心,北京 100022)

摘要:目的 了解我国成年男子膳食矿物元素摄入状况,对我国居民膳食结构及特点进行评价分析,为我国居民健康水平协同发展提供可靠依据。方法 根据《第五次中国总膳食研究》公开发布的我国20个省(自治区、直辖市)成年男子每人每日12类膳食矿物元素摄入量平均值数据,采用熵权法和TOPSIS综合评价法对其进行评价分析。结果 膳食钙和膳食锌摄入量明显偏低,各地区的摄入量均低于推荐值水平,膳食钾、膳食镁和膳食钼的平均摄入量基本满足推荐值水平或适宜摄入量水平,其余矿物元素的摄入量普遍偏高;整体上我国各地区各矿物元素的食物来源基本相似,以谷物、蔬菜、肉类、豆类为主;12项矿物元素的指标权重范围为0.048~0.127,膳食锰指标的变异程度最大,膳食镁指标的变异程度最小;总体上,河北省、上海市等地区膳食矿物质摄入水平综合评价较好,吉林省、辽宁省等地区综合评价较差。结论 各地区膳食矿物元素摄入量水平存在较大差异,与地区居民饮食结构密切相关,通过饮食多样化不断调整居民饮食结构,有助于改善居民膳食矿物质摄入不足或过剩等问题,从而进一步提升我国居民健康水平。

关键词:成年男子;矿物元素;膳食评价;熵权法;TOPSIS综合评价法

中图分类号:R155 文献标识码:A 文章编号:1004-8456(2024)07-0871-07

DOI:10.13590/j.cjfh.2024.07.014

Analysis and evaluation of dietary mineral element intake among adult men in China
——Based on the Fifth China Total Diet StudyYAN Xiao¹, ZHANG Chaozheng², PAN Deng²

(1. Hebei Finance University, Hebei Baoding 071051 China; 2. China National Center for Food Safety Risk Assessment, Beijing 100022 China)

Abstract: Objective To provide reliable basis for the coordinated development of health levels among Chinese residents, understand the dietary structure and characteristics of Chinese residents was evaluated and analyzed through the dietary mineral intake status of adult men in China. **Methods** According to the average daily intake of 12 types of dietary mineral elements per adult male in 20 provinces (autonomous regions, municipalities) of China, which was publicly released in the Fifth China Total Diet Study, the entropy weight method and TOPSIS comprehensive evaluation method were used to evaluate and analyze them. **Results** The intake of dietary calcium and dietary zinc was significantly low, and the intake in various regions was below the recommended level. The average intake of dietary potassium, magnesium, and molybdenum basically met the recommended or appropriate intake level, while the intake of other mineral elements was generally high. Overall, the food sources of mineral elements in various regions of China were basically similar, with grains, vegetables, meat and beans as the main sources. The weight of the 12 mineral element indicators ranged from 0.048 to 0.127, with the highest degree of variation in dietary manganese indicators and the lowest degree of variation in dietary magnesium indicators. Overall, the comprehensive evaluation of dietary mineral intake levels in Hebei Province, Shanghai City and other regions was good, while the comprehensive evaluation of Jilin Province, Liaoning Province and other regions was poor. **Conclusion** There are significant differences in the intake levels of dietary mineral elements among different regions, which are closely related to the dietary structure of local residents.

收稿日期:2023-12-06

基金项目:北京市科技计划课题(Z221100007122008)

作者简介:闫晓 女 助教 研究方向为膳食营养大数据分析 E-mail:2650618621@qq.com

通信作者:潘登 男 副研究员 研究方向为社会医学与卫生事业管理 E-mail:pandeng@cfsa.net.cn

Continuously adjusting the dietary structure of residents through diversified diets can help improve problems such as insufficient or excessive dietary mineral intake, and further enhance the health level of Chinese residents.

Key words: Adult male; mineral elements; dietary evaluation; entropy weight method; TOPSIS comprehensive evaluation method

膳食营养问题是当今我国乃至全球范围内最重要的社会问题之一,关系到每个人的健康,膳食营养素对于人体健康至关重要,中国居民膳食指南推荐人们饮食应该多样化,膳食营养素长期摄入不足或过多都会对健康造成不利的影响^[1]。2020年,国务院发布的《中国居民营养与慢性病状况报告(2020年)》^[2]显示,我国居民营养不足、微量营养素缺乏等问题在持续改善,居民健康意识逐步增强。如何更好满足我国居民多元化、健康化、个性化营养健康需求逐渐受到学术界和社会的广泛关注,因此,从膳食矿物质的角度开展相关研究十分必要。

已有研究采用膳食指数法对整体膳食质量水平进行评价分析,包括以营养素为基础的膳食指数、以食物和食物种类为基础的膳食指数,以及包含营养素和食物种类等的混合膳食指数^[3]。本文选取了12个膳食矿物质元素指标,采用熵权法和TOPSIS综合评价法对我国20个省(自治区、直辖市)成年男子膳食矿物质元素摄入状况进行客观分析以及科学评价,有助于了解各地区成年男子膳食结构及膳食矿物质摄入水平,进一步分析我国居民膳食矿物质摄入特征以及存在的相关问题,为各地区居民合理膳食和科学膳食提供参考依据,有助于持续改善膳食营养不足或过剩等问题,对于实现我国居民饮食安全和膳食营养具有至关重要的意义。

1 材料与方法

1.1 数据来源

数据来源于《第五次中国总膳食研究》^[4]。第五次中国总膳食调查数据是已公开的可查的最新数据,通过膳食调查、食品聚类、样品采集、烹调及混合膳食样品制备、混合与单个膳食样品中化学污染物和营养素的测定等步骤,计算得到成年男子以及各个性别年龄组每人每日膳食矿物质元素和化学污染元素的摄入量。调查地点包括黑龙江省、辽宁省、吉林省、河北省、北京市、河南省、陕西省、宁夏回族自治区、青海省、内蒙古自治区、江西省、福建省、上海市、浙江省、江苏省、湖北省、湖南省、四川省、广西壮族自治区、广东省20个省(自治区、直辖市),调查方法包括住户调查和个体调查。由于《第五次中国总膳食研究》只公开发布了上述20个省(自治区、直辖市)成年男子12种膳食矿物质的摄

入量平均值数据,故本研究选取该数据进行二次分析。其中,成年男子的年龄范围为20~50岁,12种膳食矿物质元素分别为钠、钾、钙、镁、磷、锰、铁、锌、铬、铜、硒、钼。

1.2 方法

1.2.1 描述性统计

采用箱线图和点图对调查地区成年男子膳食矿物质元素摄入量进行统计分析。箱线图法是通过展示数据中的五个统计量,即最小值、第一四分位数、中位数、第三四分位数与最大值,分析出各调查地区成年男子膳食矿物质元素摄入量的分布情况。点图可以展示和分析膳食矿物质的食物来源分布情况。

1.2.2 数据标准化

构建原始指标矩阵,通过数据标准化处理使各指标拥有一致的衡量指标。设有 m 个评价对象、 n 个评价指标,原始指标值记作 $X_{ij}(i=1,2,\dots,m;j=1,2,\dots,n)$ 。本研究中原始评价指标均为中间型指标,即指标越接近某个值越好,各指标最佳数值记作 M_j 。本研究中涉及指标为膳食矿物质元素,各指标最佳数值选自2023版《中国居民膳食营养素参考摄入量DRIs》^[5]中膳食矿物质的推荐摄入量(Recommended nutrient intake, RNI)或适宜摄入量(Adequate intake, AI),钠、钾、锰、铬4类矿物质以AI值进行评价,其余元素以RNI值进行评价。标准化变换公式见式(1)。

$$Y_{ij} = 1 - \frac{|X_{ij} - M_j|}{\max\{|X_{ij} - M_j|\}} \quad (i=1,2,\dots,m;j=1,2,\dots,n) \quad \text{式(1)}$$

1.2.3 熵权法

熵权法可以根据具体情况客观确定和修正权重,准确性高、适应能力强。它是通过分析数据的疏离程度来判断指标数据对研究目标作用的大小,即利用信息熵的大小赋予不同指标的权重。如果信息熵越大,说明该指标的影响越大,即熵权越大。根据熵权法的原理,第 j 项指标的信息熵计算公式见式(2)。

$$E_j = -K \sum_{i=1}^m P_{ij} \cdot \ln P_{ij} \quad \text{式(2)}$$

其中, $P_{ij} = \frac{Y_{ij}}{\sum_{i=1}^m Y_{ij}}$,表示第 j 项指标下 Y_{ij} 的贡

献度, $K = \frac{1}{\ln(m)}$, 为常数, 始终大于 0。

根据信息熵计算各指标权重, 计算公式见式(3)。

$$W_j = \frac{1 - E_j}{\sum_{j=1}^n (1 - E_j)} = \frac{1 - E_j}{n - \sum_{j=1}^n E_j} \quad \text{式(3)}$$

1.2.4 TOPSIS 综合评价法

TOPSIS 综合评价法是基于标准化数据矩阵, 找出各样本中最优个案和最劣个案, 最优个案是指其各个指标值都达到各样本中的最好的值, 最劣个案是指其各个指标值都达到各样本中的最差值。最优个案用最优向量表示, 最劣个案用最劣向量表示, 分别计算各评价对象与最优个案和最劣个案的距离, 获得各评价对象与最优方案的相对接近程度, 以此作为评价优劣的依据, 在综合评价领域应用广泛。最优向量记作 Z^* , 最劣向量记作 Z^- , 计算公式见式(4)、式(5)。

$$Z^* = (Z_1^+, Z_2^+, \dots, Z_n^+) = (\max\{Y_{11}, Y_{21}, \dots, Y_{m1}\}, \max\{Y_{12}, Y_{22}, \dots, Y_{m2}\}, \dots, \max\{Y_{1n}, Y_{2n}, \dots, Y_{mn}\}) \quad \text{式(4)}$$

$$Z^- = (Z_1^-, Z_2^-, \dots, Z_n^-) = (\min\{Y_{11}, Y_{21}, \dots, Y_{m1}\}, \min\{Y_{12}, Y_{22}, \dots, Y_{m2}\}, \dots, \min\{Y_{1n}, Y_{2n}, \dots, Y_{mn}\}) \quad \text{式(5)}$$

分别计算每个评价对象与最优向量 Z^* 与最劣向量 Z^- 的接近程度, 记作 D_i^+ 和 D_i^- 。评价对象 D_i^+ 值越大, 说明与最优向量距离越远, D_i^- 值越大, 说明与最劣向量距离越远。计算公式见式(6)、式(7)。

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (Z_j^+ - Y_{ij})^2} \quad (i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n) \quad \text{式(6)}$$

$$D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (Z_j^- - Y_{ij})^2} \quad (i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n) \quad \text{式(7)}$$

充分考虑了评价对象与最优向量和最劣向量的距离, 计算各评价对象与最优向量的贴近程度 S_i , S_i 取值范围为 0~1, 越接近 1, 表明评价对象越接近最优向量。计算公式见式(8)。

$$S_i = \frac{D_i^-}{D_i^+ + D_i^-} \quad \text{式(8)}$$

2 结果

2.1 膳食矿物元素摄入量分布情况

20 个省(自治区、直辖市)中, 我国成年男子膳食钠的摄入量平均值为 5 302.3 mg/d, 摄入量范围为 3 406.7~7 656.7 mg/d, 各地区膳食钠的摄入量均高于 AI 值, 摄入量最大值超过 AI 值的 3 倍。膳食钾的摄入量平均值为 2 384.5 mg/d, 基本达到 AI 值的要求, 摄入量最大值接近 AI 值的 2 倍。膳食

钙的摄入量平均值为 492 mg/d, 摄入量范围为 282~693 mg/d, 差距较大, 各地区膳食钙的摄入量均低于 RNI 值, 说明我国日常膳食中钙的摄入量明显偏低。膳食镁的摄入量平均值为 345 mg/d, 摄入量范围为 182~736 mg/d, 差距较大。膳食磷的摄入量平均值为 1 190 mg/d, 摄入量范围为 782~1 749 mg/d, 差距较大。膳食锰的摄入量平均值为 6.9 mg/d, 摄入量范围为 3.5~10.2 mg/d, 绝大多数地区膳食锰摄入量高于相应的 AI 值, 摄入量最大值超过 AI 值的 2 倍。膳食铁的摄入量平均为 25.6 mg/d, 摄入量范围为 7.0~60.1 mg/d, 差距较大, 摄入量最大值超过 RNI 值的 5 倍。膳食锌的摄入量平均值为 11.9 mg/d, 摄入量范围为 6.3~22.5 mg/d, 差距较大, 整体上膳食锌的摄入量偏低。膳食铬的摄入量平均值为 0.33 mg/d, 摄入量范围为 0.11~0.84 mg/d, 各地区膳食铬的摄入量均高于相应的 AI 值, 说明日常膳食中铬的摄入量明显偏高。膳食铜的摄入量平均值为 1.9 mg/d, 摄入量范围为 1.1~4.0 mg/d, 各地区膳食铜的摄入量均高于 RNI 值。膳食硒的摄入量平均为 0.16 mg/d, 摄入量范围为 0.02~0.61 mg/d, 摄入量最小值仅为 RNI 值的 33.3%。膳食钼的摄入量平均值为 0.23 mg/d, 摄入量范围为 0.1~0.45 mg/d, 各地区膳食钼的摄入量均高于 RNI 值。详见图 1。

2.2 膳食矿物元素的食物来源分布情况

膳食常量元素方面, 我国成年男子膳食钠和钾的首要来源是蔬菜类, 其次为谷类; 膳食钙和镁主要来源于蔬菜类、豆类和谷类, 占总膳食来源超过 70%; 膳食磷主要来源于谷类, 其次是肉类、蔬菜类和豆类。微量元素方面, 我国成年男子膳食锰主要来源于谷类、蔬菜类和豆类, 占总摄入量来源超过 80%; 膳食铁主要来源于谷类和蔬菜类, 占膳食来源超过 60%; 膳食锌主要来源于谷类和肉类, 占总摄入量来源超过 70%; 膳食铬主要来源于谷类和蔬菜类, 占总膳食摄入量来源 60%; 居民膳食铜主要来源于谷类、豆类和蔬菜类, 占总摄入量来源超过 75%; 膳食硒主要来源于谷类、蔬菜类和肉类; 膳食钼主要来源于谷类, 占总膳食摄入量接近 70%, 详见图 2。

2.3 基于熵权法的膳食矿物元素指标权重分析

根据 20 个省(自治区、直辖市)膳食矿物元素指标的熵值和熵权计算结果, 膳食镁、膳食铜以及膳食钼指标的熵权相对较小, 分别为 0.048、0.055 和 0.059, 说明上述指标的变异程度较小, 膳食锰和膳食钠指标的熵权相对较大, 分别为 0.127 和 0.121, 说明上述指标的变异程度较大。其余膳食矿物元素指标权重较为均衡, 均接近 0.1, 详

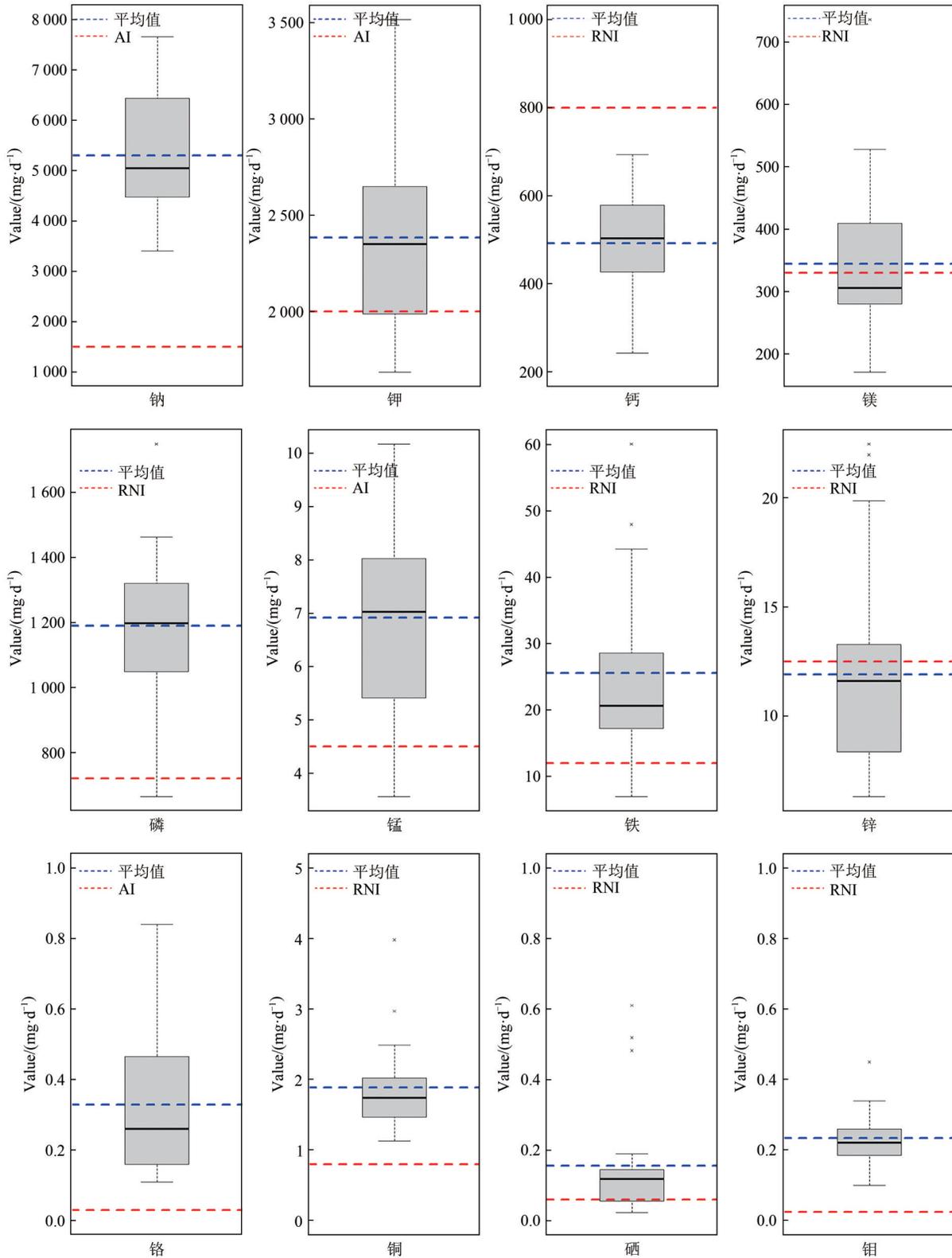


图1 20省(自治区、直辖市)成年男子膳食矿物元素摄入量情况

Figure 1 Dietary nutrient intake of adult men in 20 provinces (autonomous regions, municipalities directly under the central government)

见图3。

2.4 基于TOPSIS综合评价法的地区膳食矿物质摄入量水平评价结果

运用TOPSIS法计算20个省(自治区、直辖市)与最优方案的相对接近度 S_i , S_i 越接近1,说明该地区成年男子膳食矿物质摄入量水平越高;相反, S_i 越

接近0,则说明该地区成年男子膳食矿物质摄入量水平较差。结果发现,排在前三位的是河北省、上海市、湖北省,膳食矿物质综合摄入量水平相对较好,排在后三位的是浙江省、辽宁省、吉林省,膳食矿物质综合摄入量水平相对较差,详见图4和图5。

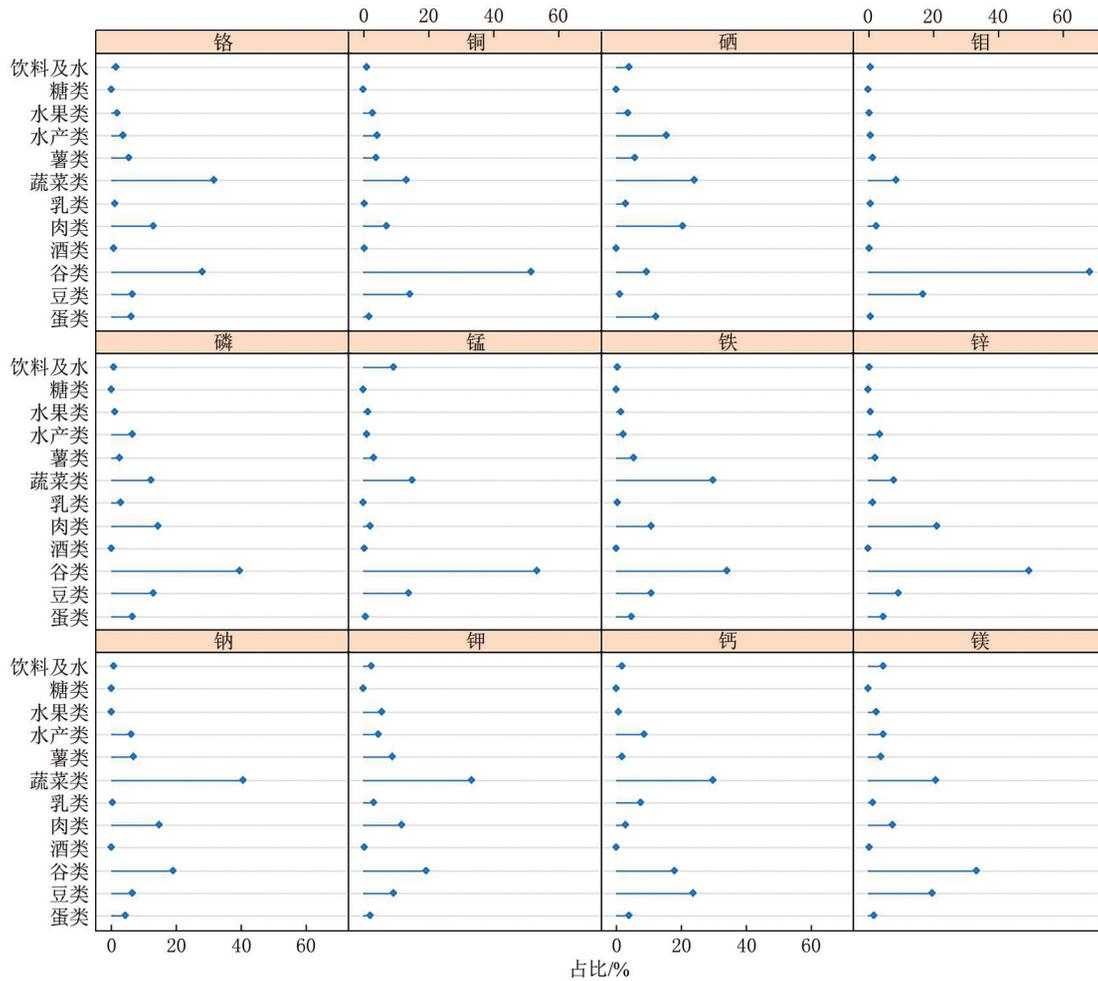


图2 膳食矿物元素的食物来源(%)

Figure 2 Food sources of dietary mineral elements (%)

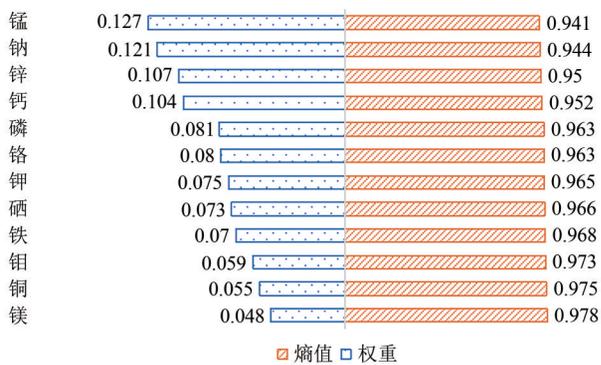


图3 膳食矿物元素指标的熵值及权重

Figure 3 Entropy and weight of dietary mineral element indicators

3 讨论

膳食矿物元素是人类维持生命、生长发育和健康的重要物质基础。本研究从矿物元素摄入量水平来看,膳食常量元素中我国成年男子膳食钠和膳食磷的摄入量普遍偏高,而膳食钙的摄入量明显偏低,存在较大改善空间,需要重点干预。膳食钾摄入量基本满足 RNI 水平,膳食镁摄入量基本满足 AI 水平,与相关研究结论一致^[6-8]。膳食微量元素中,

绝大多数地区成年男子膳食锰、膳食铁、膳食铬、膳食铜、膳食硒和膳食钼的摄入量超过 RNI 水平或 AI 水平,而膳食锌的摄入量明显偏低,亟须重点关注,在多项研究中得以印证^[9-10]。

从各矿物元素的食物来源来看,各地区膳食矿物元素的食物来源基本相似,主要来源于谷类、蔬菜类、肉类和豆类。相关文献表明,膳食营养素摄入量与食物消费存在显著关系,与居民饮食结构密切相关^[11]。以膳食钙和膳食锌为例,我国成年男子膳食钙主要来源于蔬菜类、豆类和谷类,占总膳食来源比重超过 70%,而钙含量较高的乳类和豆类食品对应的食物消耗量相对较低,致使整体钙的摄入量偏低;膳食锌主要来源为谷类食品,接近总摄入量来源比重的 50%,对于含锌较高的食品类别,如肉类、水产类,仅占总摄入量来源比重的 22.2%,其相应的低消费量导致膳食锌的摄入也相对偏低。

进一步利用熵权法和 TOPSIS 综合评价法对 20 个省(自治区、直辖市)成年男子膳食矿物质摄入量进行客观量化评价,并进行排名。结果发现,20 个省(自治区、直辖市)的膳食营养水平存在较大

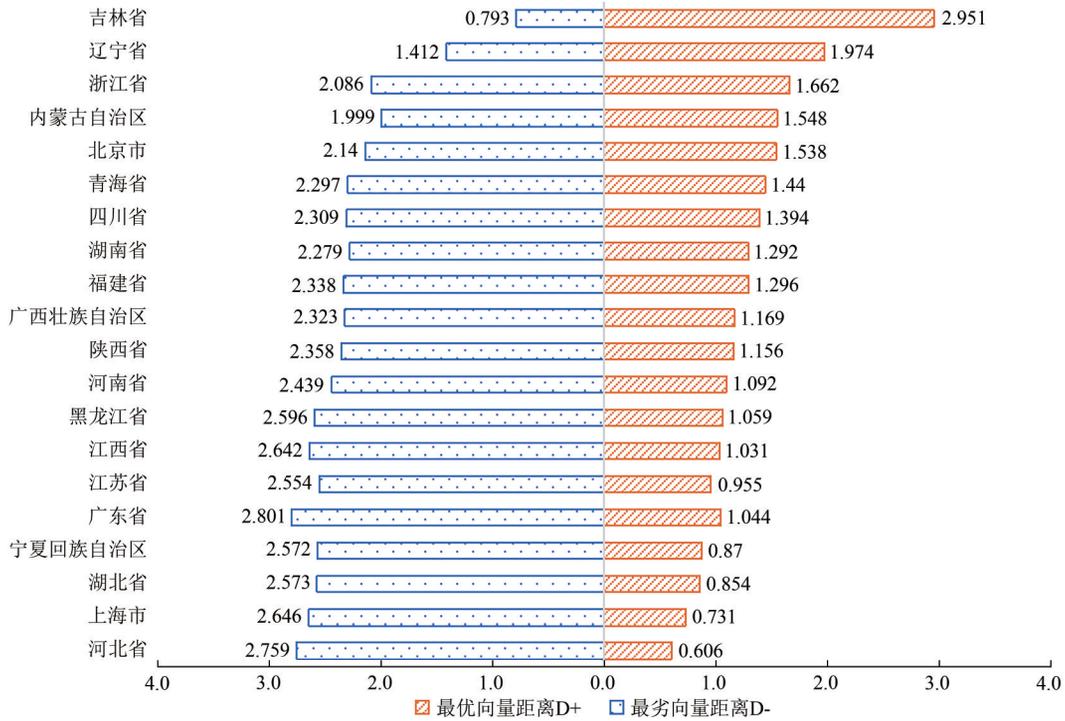


图4 20省(自治区、直辖市)与最优向量和最劣向量的距离

Figure 4 The distance between 20 provinces (autonomous regions, municipalities) and the optimal and worst vectors

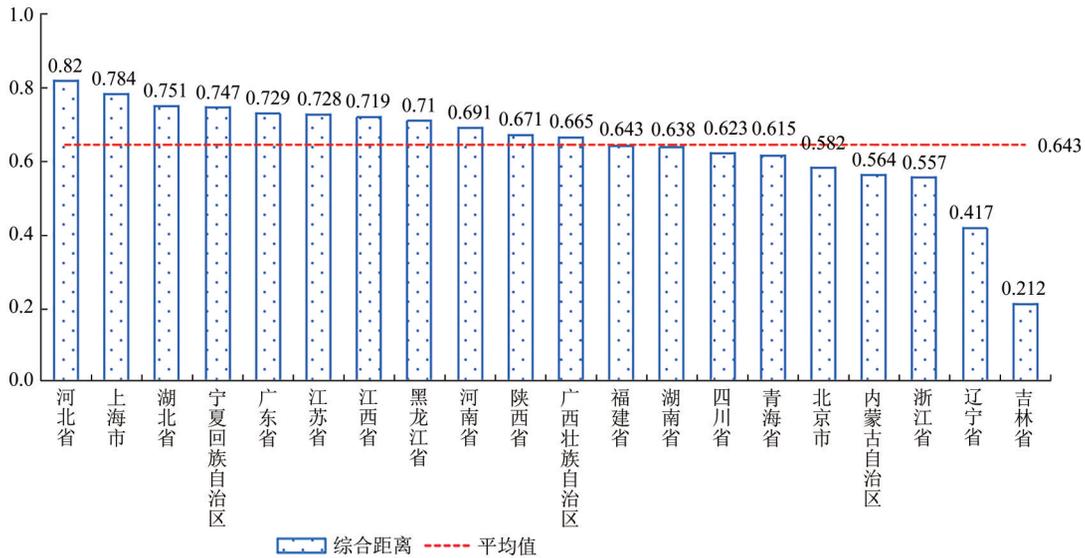


图5 20省(自治区、直辖市)成年男子膳食矿物元素摄入量水平综合评价及排名情况

Figure 5 Comprehensive evaluation and ranking of dietary mineral intake levels for adult men in 20 provinces (autonomous regions, municipalities)

差异,排名最高的地区其 S_i 值为 0.820,排名最差地区其 S_i 值仅为 0.212。河北省、上海市等地区膳食矿物质摄入量综合评价较好,吉林省、辽宁省等地区膳食矿物质摄入量综合评价较差。造成各地区评价结果差异的原因与地区居民膳食结构密切相关,一方面膳食矿物元素的食物来源相对简单,以谷类和蔬菜类为主,导致部分矿物元素的摄入量普遍偏高,远远高于相应的 RNI 水平或 AI 水平,出现摄入过量的问题。另一方面,某些矿物质含量高的食品类其相应的消费量较低,导致相应矿物元

素的摄入量普遍偏低,远远低于相应的 RNI 水平或 AI 水平,导致摄入不足的问题。

目前,随着我国居民健康素养的不断提升,膳食健康问题成为社会关注的重点问题,是建设健康中国的重要内容^[12]。因此,从公共健康的角度评估营养素摄入是否充分是非常必要的。本研究受限于第五次中国总膳食调查数据库公开目录,分析数据属于非一手数据,膳食评价指标仅涉及十二种矿物元素,随着相关政策、制度、经济、文化的不断发展变化,相关的理论、内容、方法也会变化。因此,

膳食评价指标体系需要不断地调整和更新。另外,基于熵权法和 TOPSIS 综合评价法可以消除指标间量纲的影响,对样本量及数据分布没有特殊的限制,能够对各地区膳食营养水平进行科学量化,但其结果不能对样本进行分类分档,需要结合其他方法进一步改进。总体上,熵权法和 TOPSIS 综合评价法作为评价地区膳食健康的手段,可以很好地为地区开展居民膳食工作以及制定相关政策提供参考和依据。地区可根据评价结果,充分考虑当地居民的健康需求,因地制宜,因时制宜,从饮食多样化方面不断调整居民饮食结构,持续改善地区居民膳食健康相关问题。

参考文献

- [1] 毛德倩, 杨丽琛. 中国居民膳食营养素参考摄入量研究之历史与发展[J]. 卫生研究, 2021, 50(5): 705-707.
MAO D Q, YANG L C. The history and development of research on reference intake of dietary nutrients for chinese residents [J]. Journal of Hygiene Research, 2021, 50 (5) : 705-707.
- [2] 国家卫生健康委. 中国居民营养与慢性病状况报告—2020年[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2021.
NATIONAL H C. Report on the nutrition and nchronic nisease status of chinese residents—2020 [M]. Beijing: People's Medical Publishing House, 2021.
- [3] 段若男, 刘言, 薛红妹, 等. 膳食整体质量评价方法——膳食指数法[J]. 卫生研究, 2014, 43(4): 653-657.
DUAN R N, LIU Y, XUE H M, et al. Dietary quality evaluation method - dietary index method [J]. Journal of Hygiene Research, 2014, 43(4): 653-657.
- [4] 吴永宁, 赵云峰, 李敬光. 第五次中国总膳食研究[M]. 北京: 科学出版社, 2018.
WU Y N, ZHAO Y F, LI J G. The fifth chinese total diet study [M]. Beijing: Science Press, 2018.
- [5] 中国营养学会. 中国居民膳食营养素参考摄入量: 2023版[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2023.
CHINESE N S. Reference intake of dietary nutrients for chinese residents: 2023 [M]. Beijing: People's Medical Publishing House, 2023.
- [6] 翟凤英. 中国居民膳食营养素摄入量调查[C]. 中国营养学会膳食营养素参考摄入量研讨会. 北京, 2010: 102-110.
ZHAI F Y. Survey on dietary nutrient intake of chinese residents [C]. Chinese Nutrition Society Symposium on Reference Intake of Dietary Nutrients. Beijing, 2010: 102-110.
- [7] 郭齐雅, 赵丽云, 何宇纳, 等. 2010—2012年中国居民营养素摄入状况[J]. 中华预防医学杂志, 2017, 51(6): 519-522.
GUO Q Y, ZHAO L Y, HE Y N, et al. Nutrient intake status of chinese residents from 2010 to 2012 [J]. Chinese Journal of Preventive Medicine, 2017, 51(6): 519-522.
- [8] 于冬梅, 何宇纳, 郭齐雅, 等. 2002—2012年中国居民能量营养素摄入状况及变化趋势[J]. 卫生研究, 2016, 45(4): 527-533.
YU D M, HE Y N, GUO Q Y, et al. The status and trend of energy and nutrient intake of chinese residents from 2002 to 2012 [J]. Journal of Hygiene Research, 2016, 45(4): 527-533.
- [9] 于冬梅, 赵丽云, 琚腊红, 等. 2015—2017年中国居民能量和主要营养素的摄入状况[J]. 中国食物与营养, 2021, 27(4): 5-10.
YU D M, ZHAO L Y, JU L H, et al. The intake status of energy and major nutrients by chinese residents from 2015 to 2017 [J]. Food and Nutrition in China, 2021, 27(4): 5-10.
- [10] 贾海先, 金庆中, 沙怡梅, 等. 北京市居民钙、铁、锌、硒、铜膳食摄入状况[J]. 首都公共卫生, 2022, 16(5): 267-270.
JIA H X, JIN Q Z, SHA Y M, et al. Dietary intake status of calcium, iron, zinc, selenium, and copper among residents in Beijing [J]. Capital Journal of Public Health, 2022, 16(5) : 267-270.
- [11] 黄秋敏, 王柳森, 张兵, 等. 1991—2015年我国九省(自治区)成年人膳食微量营养素摄入的变化趋势及其人口学特征[J]. 环境与职业医学, 2019, 36(5): 410-417.
HUANG Q M, WANG L S, ZHANG B, et al. The changing trend and demographic characteristics of dietary micronutrient intake among adults in nine provinces (autonomous regions) of china from 1991 to 2015 [J]. Journal of Environmental and Occupational [J]. 2019, 36(5): 410-417.
- [12] 夏佳钰, 樊胜根, 丁心悦, 等. 中国可持续健康膳食发展思考[J]. 中国工程科学, 2023, 25(4): 120-127.
XIA J Y, FAN S G, DING X Y, et al. Development of sustainable healthy diets in China [J]. Strategic Study of CAE, 2023, 25 (4): 120-127.