

风险评估

河南省居民肉及肉制品中铜摄入水平及其风险评估

付鹏钰¹,李杉¹,杨丽¹,刘爱东²,李建文²,张丁¹,张书芳¹

(1. 河南省疾病预防控制中心,河南 郑州 450016;

2. 国家食品安全风险评估中心,北京 100022)

摘要:目的 以河南省肉及肉制品中铜为例,演示采用简单分布评估方法,评价河南省居民肉及肉制品饮食中铜摄入情况及其潜在的健康风险。方法 2014—2015年在河南省16个省辖市随机采集肉及肉制品309份,按照食品中铜测定的原子吸收光谱法标准操作程序进行检测,结合河南省2010—2012年开展的居民营养与健康状况监测中肉及肉制品的消费量数据,采用简单分布模型(确定性评估)方法,借鉴文献发表的肉及肉制品对膳食中铜的贡献率,计算河南省不同年龄组人群全膳食中铜摄入水平及其潜在的健康风险。结果 肉及肉制品中铜的平均含量为0.556 mg/100 g,中位数为0.060 mg/100 g,不同肉及肉制品中铜平均含量最高为内脏(1.561 mg/100 g),铜平均含量最低的为猪肉(0.068 mg/100 g)。河南省居民每天通过进食肉及肉制品的铜平均摄入量为0.046 mg/d,高端(P95)摄入量为0.144 mg/d。利用文献报道的肉及肉制品贡献率外推全膳食中铜摄入量后发现,河南省居民全膳食中铜的平均和P95摄入量分别为0.638和1.977 mg/d。个体评估结果显示,全人群铜摄入量处于推荐摄入量(RNI)与可耐受最高摄入量(UL)之间的个体比例为21.12%(801/3 792),处于EAR和RNI之间的个体比例为8.10%(307/3 792),而低于平均需要量(EAR)、大于UL的人群比例分别为69.75%(2 645/3 792)和1.03%(39/3 792)。结论 河南省全人群膳食中铜摄入量缺乏的风险较高,铜过量的风险较低。

关键词:肉;肉制品;铜;摄入量;风险评估;河南

中图分类号:R155 文献标识码:A 文章编号:1004-8456(2018)04-0441-04

DOI:10.13590/j.cjfh.2018.04.021

Risk assessment of copper intake from meat and meat product in Henan population

FU Peng-yu¹, LI Shan¹, YANG Li¹, LIU Ai-dong², LI Jian-wen²,
ZHANG Ding¹, ZHANG Shu-fang¹

(1. Henan Center for Disease Control and Prevention, Henan Zhengzhou 450016, China;

2. China National Center for Food Safety Risk Assessment, Beijing 100022, China)

Abstract: Objective Taking the content of copper in meat and meat product in Henan Province as an example, to demonstrate how to evaluate the dietary intake of copper from meat and meat product and its potential health risks in Henan population using the simple distribution assessment method. **Methods** 309 meat and meat product were randomly collected in 16 cities in Henan Province from 2014 to 2015. The copper contents were detected according to *National Food Contamination and Harmful Factors in Risk Monitoring Manual*. Using the published contribution rate of meat and meat products to dietary copper for reference, the dietary intake of copper in Henan population was evaluated by simple distribution model method with the 2010-2012 Chinese nutrition and health surveillance data. **Results** The mean concentration of copper in meat and meat product was 0.556 mg/100 g, and the median of that was 0.060 mg/100 g, the mean concentration of copper in entrails (1.561 mg/100 g) was the highest, while that in pork (0.068 mg/100 g) was the lowest. The mean and high level (P95) daily intake of copper from meat and meat product by Henan population were 0.046 and 0.144 mg/d, respectively. The copper intake from meat and meat product was adjusted to the copper intake from the full diet using a published data, and the result showed that the mean and P95 daily copper intakes from the full diet were 0.638 and 1.977 mg/d, respectively. The individual copper intake assessment result showed that 21.12% (801/3 792) of the population had a diet copper intake between recommended nutrient intake (RNI) and tolerable upper intake level (UL), 8.10% (307/3 792) of the population had a diet copper intake between estimated average requirement (EAR) and RNI, 69.75% (2 645/3 792) of the population had a diet copper intake below EAR, only 1.03%

收稿日期:2018-03-23

作者简介:付鹏钰 男 主管医师 研究方向为营养与食品安全 E-mail:13674960595@126.com

通信作者:张书芳 男 主任医师 研究方向为营养与食品安全 E-mail:13592610127@163.com

(39/3 792) of the population had a diet copper intake over UL. **Conclusion** There was a high risk of dietary copper deficiency in the whole Henan population, while the risk of excess dietary copper was very low.

Key words: Meat; meat product; copper; intake; risk assessment; Henan

铜对人体健康具有双重作用,作为人体必需的微量元素之一,铜可维持正常的造血功能,维护中枢神经系统的完整性,促进骨骼、血管和皮肤健康以及参与机体的抗氧化过程^[1-2];但铜摄入过量,也可引起儿童肝、尿和血清中铜浓度增加,出现腹胀、肝脾肿大、腹水等症状,严重时可致死亡^[2];急性中毒时,可引起上腹疼痛、恶心、呕吐及严重腹泻甚至死亡。人体铜的主要来源是食物和饮水,经皮肤接触和空气吸入的铜比例很低^[2-3],除此以外,膳食补充剂对铜的贡献也有增加的趋势。食物中海产品、动物内脏、坚果/种子、豆类铜含量较高^[4]。

由于具有促进生长、抑菌、提高与铜相关酶活性等作用,高铜作为促生长剂在畜禽养殖中得到了广泛应用^[5-7]。然而长期饲喂高铜可使动物肝、肾和肌肉中铜残留量明显增加,人食入后可造成铜在肝、脑、肾等组织中积累,从而危害人体健康^[5-6]。鉴于含铜化合物可能在养殖业中滥用,部分敏感人群可能存在铜过量的风险,进而危害人体健康,本研究对河南省肉及肉制品中铜含量进行调查,同时结合食物消费量数据,对河南省居民肉及肉制品中铜摄入水平及其潜在的健康风险进行评估。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 监测数据

2014—2015年在河南省16个(全省共18个)省辖市的当地居民的主要购买点,按照随机原则挑选出在当地具有代表性、典型性的样品,采集的样品包括猪肉、禽肉、内脏和其他畜肉(牛羊肉)及其制品,每份样品采样量均不少于500g,采样环节覆盖农贸市场、超市和食品店,共计309份。

1.1.2 食物消费量数据

肉及肉制品消费量数据来自2010—2012年河南省居民营养与健康状况监测,采用多阶段分层整群随机抽样方法,通过连续3d 24h膳食回顾法,开展2岁及以上居民的3d 24h膳食消费调查。获得了河南省共计3792名调查对象的消费量数据。

1.2 方法

1.2.1 检测方法

按照《2014年国家食品污染和有害因素风险监测工作手册》^[8]中的食品中铜测定的原子吸收光谱法标准操作程序进行检测,检测方法已通过实验室

间的协同性验证。参加数据采集的单位均为具备国家检验检测机构资质认定(CMA)资格的检验机构。数据采集前所有检测单位均通过统一的方法和试验技术培训。

1.2.2 未检出数据处理

本次评估充分考虑世界卫生组织(WHO)全球环境监测系统/食品污染监测与评估规划(GEMS/Food)第二次会议上提出的“食品中低水平污染物可信评价”原则^[9],低于检出限(LOD)的铜检测值采用1/2LOD值进行替代。

1.2.3 评估方法

采用简单分布模型(确定性评估)方法,计算每个个体每日铜的摄入水平。铜的摄入量计算公式为:

$$DI = \sum_{i=1}^n \frac{Fi \times Ci}{100}$$

其中,DI为某个体每日的铜的摄入量,mg/d;Fi为某个体第*i*种食物的消费量,g/d;Ci为第*i*种食物中铜的平均含量,mg/100g。在计算全人群铜摄入水平的基础上,分别计算2~3、4~6、7~10、11~13、14~17、18岁及以上各年龄组人群铜的平均摄入量及各百分位点值,以铜摄入的高百分位数值(如P95等)反映食物高消费人群铜的摄入水平。

1.2.4 危害特征描述

平均需要量(estimated average requirement, EAR),是指某一特定性别、年龄及生理状况群体中个体对某营养素需要量的平均值;推荐摄入量(recommended nutrient intake, RNI),是指可以满足某一特定性别、年龄及生理状况群体中绝大多数(97%~98%)个体需要量的某种营养素摄入水平;可耐受最高摄入量(tolerable upper intake level, UL),是指平均每日摄入营养素的最高限量;适宜摄入量(adequate intake, AI),是通过观察或试验获得的健康群体某种营养素的摄入量。

目前我国和世界各国的铜的膳食每日推荐摄入量是根据EAR推算得出,是综合各个铜平衡的人体试验[采用血清铜、血浆铜蓝蛋白、红细胞超氧化物歧化酶(superoxide dismutase, SOD)等成组指标]得出。中国居民各年龄组人群膳食中铜参考摄入量^[10]见表1。

1.3 统计学分析

将获得的数据录入Excel 2010数据表,利用SAS 9.0统计软件进行统计分析。

表1 中国居民膳食铜参考摄入量(mg/d)

人群	EAR	RNI	UL
0岁~	—	0.3(AI)	—
0.5岁~	—	0.3(AI)	—
1岁~	0.25	0.3	2.0
4岁~	0.30	0.4	3.0
7岁~	0.40	0.5	4.0
11岁~	0.55	0.7	6.0
14岁~	0.60	0.8	7.0
18岁~	0.60	0.8	8.0
孕妇	+0.10	+0.1	8.0
乳母	+0.50	+0.6	8.0

注:—表示未制定参考值;+表示在同龄人群参考值基础上额外增加量

表2 不同肉及肉制品中铜的含量

Table 2 Concentration of copper in different meat and meat products

分类	样品份数	含量/(mg/100 g)					最大值
		均值	最小值	P50	P95	P97.5	
内脏及其制品	100	1.561	0.035×10^{-1}	0.489	10.145	11.705	15.200
其他畜肉及其制品	53	0.087	0.065×10^{-2}	0.050	0.225	0.246	0.280
禽肉及其制品	75	0.073	0.005×10^{-1}	0.050	0.183	0.214	0.277
猪肉及其制品	81	0.068	0.033×10^{-1}	0.050	0.188	0.196	0.210
合计	309	0.556	0.005×10^{-1}	0.060	1.758	6.394	15.200

2.2 河南省居民肉及肉制品消费量

根据2010—2012年河南省居民营养与健康监测的数据,河南省居民肉及肉制品每日平均消费量为47.37 g/d,高端(P95)消费量为153.50 g/d。其中猪肉及其制品的平均每日消费量最高,达29.99 g/d,其次为禽肉及其制品(10.30 g/d)和其他畜肉及其制品(6.24 g/d),内脏及其制品平均消费量最低,为0.84 g/d,见表3。

表3 河南省居民不同肉及肉制品中消费量的分布情况(g/d)

Table 3 Daily intake of meat and meat product in Henan population

分类	均值	P50	P95	P97.5	最大值
猪肉及其制品	29.99	16.67	107.14	143.33	423.08
禽肉及其制品	10.30	0.00	66.67	91.66	295.45
其他畜肉及其制品	6.24	0.00	36.67	66.67	400.00
内脏及其制品	0.84	0.00	0.00	6.67	166.67
合计	47.37	32.24	153.50	206.66	533.33

2.3 不同人群肉及肉制品中铜摄入量

评估结果显示,河南省全人群通过进食肉及肉制品铜平均摄入量为0.046 mg/d,其中猪肉及其制品为0.020 mg/d、内脏及其制品为0.013 mg/d、禽肉及其制品为0.008 mg/d、其他畜肉及其制品为0.005 mg/d。各年龄组人群铜的平均摄入量均值范围为0.020~0.067 mg/d。不同年龄组人群中,11~13岁组肉及肉制品中铜平均摄入水平最高,为0.067 mg/d,2~3岁组肉及肉制品中铜平均摄入水

2 结果

2.1 肉及肉制品中铜含量

本次研究共采集肉及肉制品309份,包括猪肉、禽肉、内脏和其他畜肉及其制品,其中1条检测数据低于LOD,未检出样品占0.32%(1/309)。肉及肉制品中铜的平均含量为0.556 mg/100 g,中位数为0.060 mg/100 g,范围为 0.005×10^{-1} ~15.200 mg/100 g。不同肉及肉制品中铜平均含量最高的为内脏及其制品(1.561 mg/100 g),铜平均含量最低的为猪肉及其制品(0.068 mg/100 g),见表2。

平最低,仅为0.020 mg/d,见表4。

表4 各人群肉及肉制品中铜摄入量(mg/d)

Table 4 Daily intake of copper from meat and meat products in different age groups

年龄组	均值	P50	P95	P97.5
2~3岁	0.020	0.014	0.048	0.072
4~6岁	0.027	0.016	0.104	0.156
7~10岁	0.042	0.017	0.168	0.287
11~13岁	0.067	0.024	0.333	0.468
14~17岁	0.062	0.027	0.156	0.293
18岁及以上	0.047	0.023	0.143	0.232
全人群	0.046	0.023	0.144	0.247

2.4 各人群铜摄入量在膳食营养素参考摄入量(DRI)各区间上的分布

各人群铜摄入量在DRI各区间分布,指各年龄组铜摄入量小于EAR、在EAR和RNI之间、在RNI和UL之间以及大于UL的人数及占该年龄组总人数的百分比值,以此判断各年龄组人群的铜摄入情况。

全人群共有99.05%(3756/3792)的人通过肉及肉制品摄入铜的量小于EAR,0.34%(13/3792)的人通过肉及肉制品摄入铜的量介于EAR和RNI之间,0.61%(23/3792)的人通过肉及肉制品摄入铜的量介于RNI和UL之间,没有个体仅通过进食肉及肉制品铜摄入量超过UL。不同年龄组绝大部分人群通过肉及肉制品铜摄入量均小于EAR,见表5。

3 讨论

本研究中河南省肉及肉制品中的平均铜含量

表5 各年龄组人群膳食中铜摄入量在 DRI 各区间的分布

Table 5 Distribution of daily intake of copper from meat and meat products in DRI intervals

年龄组	人数(%)			
	$i < \text{EAR}$	$\text{EAR} \leq i < \text{RNI}$	$\text{RNI} \leq i < \text{UL}$	$i > \text{UL}$
2~3岁($n=83$)	82(98.80)	1(1.20)	0(0.00)	0(0.00)
4~6岁($n=136$)	135(99.26)	1(0.74)	0(0.00)	0(0.00)
7~10岁($n=194$)	191(98.45)	1(0.52)	2(1.03)	0(0.00)
11~13岁($n=76$)	75(98.68)	0(0.00)	1(1.32)	0(0.00)
14~17岁($n=64$)	63(98.44)	0(0.00)	1(1.56)	0(0.00)
18岁及以上($n=3\ 239$)	3\ 210(99.10)	10(0.31)	19(0.59)	0(0.00)
全人群($n=3\ 792$)	3\ 756(99.05)	13(0.34)	23(0.61)	0(0.00)

注: i 为铜摄入量

(0.556 mg/100 g)略高于张秀琴^[11]报道的青岛市肉及肉制品的平均铜含量(0.408 mg/100 g),禽肉及其制品中的平均铜含量(0.073 mg/100 g)低于郭文彬等^[12]报道的泉州市禽肉中的平均铜含量(0.24 mg/100 g),这可能与不同地区畜禽的生长环境及饲养方式不同有关^[13]。

基于2014—2015年调查河南省肉及肉制品中铜含量水平数据和2010—2012年河南省居民食物消费量数据进行评估,河南省居民每天通过进食肉及肉制品的铜平均摄入量为0.046 mg/d, P95摄入量为0.144 mg/d,均处于较低水平。全人群通过进食猪肉及其制品摄入铜的量对总肉及肉制品中铜摄入量的贡献率最高,达43.48%(0.020/0.046),这主要是与猪肉的消费量较高有关。

鉴于本次评估仅分析了河南省肉及肉制品中的铜含量,未能全面掌握全膳食中铜摄入量数据、反映人群整体铜健康风险,因此,利用罗晓燕等^[14]报道的河北省居民膳食中铜暴露风险评估中肉及肉制品对全食品铜摄入量的贡献率(7.28%),同时假设肉及肉制品对所有个体铜的总摄入量的贡献率相同,结合本次调查的肉及肉制品中铜摄入量,将评估结果外推到全人群全膳食中铜的摄入量。结果显示,河南省居民全膳食中铜平均和 P95 摄入量分别为0.638和1.977 mg/d,不同年龄组中,11~13岁年龄组全膳食中铜平均(0.920 mg/d)和 P95(4.572 mg/d)摄入水平最高,2~3岁年龄组全膳食中铜平均(0.271 mg/d)和 P95(0.666 mg/d)摄入水平最低。个体铜摄入量评估结果显示,全人群全膳食中铜摄入量处于 RNI 与 UL 之间的个体比例为21.12%(801/3 792),处于 EAR 和 RNI 之间的个体比例为8.10%(307/3 792),而低于 EAR、大于 UL 的人群比例分别为69.75%(2 645/3 792)和1.03%(39/3 792),表明全人群全膳食中铜摄入量缺乏的风险很高,铜过量的风险很低。

本次评估中由于资料和数据方面的原因,存在一

定的不确定性。首先,本次评估所采用的消费量数据来源于2010—2012年河南省居民营养与健康状况监测,距今已有5年,由于近年来经济发展迅速,居民饮食结构和饮食习惯可能已经发生了一定的变化,因此本次评估中所用的食物消费模式和消费量可能与实际有一定的差别。其次,本次评估中所用的食物中铜含量数据来源于食品安全风险监测,食物消费量数据来源于居民营养与健康状况监测,两个监测系统对食品分类的定义不完全一致,造成同一食品分类所包含的具体食品可能不完全相同,从而造成数据匹配上的不确定性。另外,本次评估利用河北省的评估结果将河南省肉及肉制品中铜摄入量校正、外推至全食品中铜摄入量,进而对河南省居民全膳食中铜摄入量进行评估,而河南省和河北省各类食品中铜含量分布及食物消费量并不完全一致,肉及肉制品中铜的贡献率也不完全一致,且肉及肉制品在不同个体的贡献率也不同,这种数据的校正会给评估结果带来极大的不确定性;因此,本研究仅以肉及肉制品中的铜为例,演示利用简单分步评估计算全人群及不同年龄段人群铜的摄入量及其潜在健康风险研究方法,并不能真实反映河南省居民肉及肉制品中铜摄入水平及潜在风险。

参考文献

- [1] LINDER M C, HAZEGHAZAM M. Copper biochemistry and molecular biology[J]. Am J Clin Nutr, 1996,63(5):797S-811S.
- [2] SHILS M E, OLSON J A, SHIKE M. Modern nutrition in health and disease [M]. 8th ed. Philadelphia: Lea and Febiger, 1994.
- [3] LINDER M C. Copper and genomic stability in mammals[J]. Mut Res, 2001,475(1/2):141-152.
- [4] PROHASKA J R. Biochemical changes in copper deficiency[J]. J Nutr Biochem, 1990,1(9):452-461.
- [5] 刘翠艳,左龙.铜对现代生猪养殖双刃剑之优和忧[J].家畜生态学报,2016,37(11):84-86.
- [6] 邓科敏,李前勇,张德志,等.高铜对畜禽养殖及其产品安全的影响[J].四川畜牧兽医,2008,35(2):30-31.
- [7] 蔡菊,李奎,朱可,等.不同形式的铜源在猪上的应用探讨[J].饲料研究,2013(1):37-38.
- [8] 杨大进,李宁.2014年国家食品污染和有害因素风险监测工作手册[M].北京:中国质检出版社,2014.
- [9] WHO. GEMS/Food-EURO second workshop on reliable evaluation of low-level contamination of food-report of a workshop in the frame of GEMS/Food-ERUO[A]. 1995.
- [10] 中国营养学会.中国居民膳食营养素参考摄入量(2013版)[M].北京:科学出版社,2014.
- [11] 张秀芹.青岛市2014年食品中化学污染物及有害因素的监测及分析[D].济南:山东大学,2016:35-36.
- [12] 郭文彬,赖晓虹.泉州市常见食物营养元素含量调查[J].海峡预防医学杂志,1999,5(1):16-17.
- [13] 豆成林.淮南猪肉营养成分的研究[J].肉类工业,2011(4):27-29.
- [14] 罗晓燕,田美娜,刘长青,等.河北省居民膳食铜暴露风险评估[J].首都公共卫生,2017,11(4):170-172.