

文章编号: 1006- 446X (2004) 12- 0001- 20

中国微量元素研究二十年

秦俊法¹ 李增禧²

(1. 中国科学院上海应用物理研究所, 上海 201800;

2. 中国广州分析测试中心, 广东 广州 510070)

摘要: 综述了中国微量元素科学研究的现状、意义、存在问题及其对策。

在研究现状方面, 包括: 环境与人 (环境、活质与人体元素丰度的相关性, 食品与营养, 土壤与恶性肿瘤, 环境与地方病), 体内分布 (脏器, 胎儿, 细胞, 骨和晶状体), 代谢和疾病 (癌症, 糖尿病, 心血管病, 高血压, 痴呆症, 其他疾病), 健康和长寿 (中药, 长寿元素谱, 健康饮用水), 实验研究和生物学效应研究 (延寿实验, 抗癌实验, 生物学效应研究), 保健补剂和食疗产品 (营养补充剂, 功能性食品和食疗产品)。

在重要意义方面, 包括: 国计民生的大事 (土质恶化问题, 地方病流行问题, 有害物质的排放问题, 重金属污染问题), 健康长寿的保障 (营养的评估和监督, 疾病的筛选和诊断, 顽症的预防和治疗), 新学科的催生 (元素平衡医学, 微量元素营养生态学, 中药元素学和头发元素学, 元素平衡保健医学, 元素医学地理学)。

在存在问题方面, 包括: 对人体内外生态环境的整体性和系统性认识不足, 对饮水中微量元素的作用认识不够, 对血液和头发的本质认识不清, 文献数据的不可比性和组织结构分散。

几点建议, 包括: 成立国家级微量元素专家委员会, 制订头发分析标准化方法, 建立中国人体和中国总膳食全元素数据库, 开展长寿成因调查, 开展中国食用海藻全元素成分调查, 以及研究和开发大众化元素平衡保健食品。

关键词: 中国微量元素研究; 现状; 意义; 存在问题; 对策

中图分类号: R 091.2 **文献标识码:** A

中国的微量元素研究在 20 世纪上半叶就已有零星报道, 但主要的、大规模的研究是从 20 世纪 70~ 80 年代以后才开始的, 起推动作用的是三书 (施罗德著, 陈荣三、张祖暄译的 5 痕量元素与人⁶; 朱梅年著的 5 微量元素与健康⁶ 和孔祥瑞著的 5 必需微量元素的营养、生理及临床意义⁶)、一奖 (杨光圻、徐光禄共同荣获国际生物无机化学家协会颁发的 Klaus Schwarz 奖章, 1984) 及一会 (全国人发中微量元素分析数据对比会, 1983), 而具有标志性意义的则是 1984 年召开的 / 全国第一届微量元素与健康学术研讨会⁰ 及 / 微量元素与健康研究会⁰ (/ 中国微量元素科学研究会⁰ 的前身) 的成立。1984 年 5 微量元素⁶ (现改名为 5 微量元素与健康研究⁶) 杂志创刊, 1994 年 5 广东微量元素科学⁶ 和 5 中华微量元素科学⁶ (现改名为 5 世界元素医学⁶) 杂志的相继出版发行又为广大微量元素科学工作者提供了科学交流和技术推广的舞台。目前, 微量元素研究已成为现代生命科学和现代医学的前沿学科之一。我国科学工作者的生动实践表明, 在微量元素领域里充满着诱人的探索和发现的机会。

1 研究现状

中国的微量元素研究涉及的学科面广, 技术面深, 积累的数据和资料丰富, 获得的经验和创见多多。20 年来的研究和实践为今后的深入探讨、实验应用和理论创新奠定了坚实基础。

111 环境与人

11111 环境、活质与人体元素丰度的相关性 1985 年, 王明远将地壳、土壤、植物、活质、海水、人体的化学元素平均丰度取自然对数值后在普通方格纸上作图, 发现地壳与土壤、地壳与活质、土壤与植物、海水与人、地壳与人的元素丰度呈线性正相关关系, 相关系数分别为 0196、0186、0185、0184 和 0174。显然, 活质、植物和人的元素平均丰度的增减变化趋势与地壳、土壤、海水的元素平均丰度变化趋势基本上是一致的。

1993 年, 裘凌沧用人类牙釉质 46~ 68 种元素与环境和食物相应元素进行相关分析, 发现釉质元素与环境、食物元素均呈显著正相关; 以人全血与 49 种实物 (包括环境、动物和植物) 建立生物地球化学食物链数学模型, 发现环境²动、植物²人这一系统中 19~ 70 种元素丰度间相关系数达 01797 9? 01106 6, 有极显著的相关性 ($P < 01001$), 其斜率在 01917 4? 01203 0 范围内, 很为接近。

1996 年, 谭见安对中国克山病区、非克山病区的岩石、土壤、饮水、粮食、动物毛发和人发等整个生态物质进行了 21 种元素含量测定, 发现我国西北 (甘肃)、华北 (河北) 和西南 (四川) 三个地区地理生态物质的元素丰度曲线在宏观上十分相似, 反映了环境与人之间紧密的化学联系的规律性, 但仔细分析它们在不同地区, 特别是在地方病区与非病区的细微差异, 则有可能发现地方病的发生与有关化学元素的关系。此项研究首次揭示了头发元素在生态化学地理研究中的重要性。

在分析不同生态景观生态系物质硒含量的基础上, 我国科学家以人发和粮食硒含量为主要指标总结出了划分低硒环境的阈值系列, 并依据该阈值系列绘制出了我国硒元素生态景观图, 发现图中低硒生态景观正好与我国克山病的分布带吻合, 从地理上直观地反映了克山病与地理环境硒的密切关系 (谭见安, 1996)。以头发硒含量范围作为划分克山病带 [$w(\text{Se}) < 01200 \text{ Lg/g}$]、过渡带 [$w(\text{Se})$ 为 01200~ 01250 Lg/g] 和非病带 [$w(\text{Se}) > 01250 \text{ Lg/g}$] 的指标, 其地理界限也非常明显 (中国科学院地理研究所, 1982)。

11112 食品与营养 20 世纪 90 年代, 我国组织了三次全国性的总膳食调查。1990 年, 中国预防医学科学院营养与食品卫生研究所组织调查了我国 4 个不同膳食类型地区 (各 3 省, 共计 12 个省、直辖市和自治区) 相应菜篮子中 12 类膳食组成食品 13 种元素和 6 种放射性核素, 并按标准人膳食食品消费量估算了相应日摄入量 (陈君石, 1993)。1992 年, 我国第二次总膳食调查测定了不同类型的四大区公众膳食 12 类组成食品中 32 种元素含量, 并估算了标准人日摄入量 (陈君石, 1997)。1996~ 1997 年, 中国医学科学院和中国辐射防护研究院组织测定了我国 4 省市原定的各 3 个调查点 12 类食品中 42 种元素含量, 并按 1992 年当地膳食组成摄入量估算了相应日摄入量, 其中 8 种元素))) 砷、硼、镉、铟、钛、钒、钇和锆在我国是首次测定 (诸洪达, 2000)。

此外, 林莲卿 (1990) 测定了北京市民食用量较大的 13 种食品中 14 种微量元素含量; 苏德昭 (1993) 测定了我国 17 个省、市主要食品中稀土元素总含量; 程杰 (1994) 调查了山东省 5 个地区主要食品中 15 种微量元素含量; 梁惠 (1996) 对山东青岛、烟台、济南部分地区 30 余种海产品中铁、铜、锌、锰、硒含量进行了测定, 发现海产品中硒含量很高, 是补硒的良好食物来

源; 王文初 (1993) 调查了浙江省台州地区 4 类 15 种海洋食品中 7 种元素含量, 比较了不同品种各类生物的元素富集系数; 谭见安 (1999) 研究了西北黄土地区农村混合膳食中 20 种元素含量; 柴之芳 (2001) 研究了我国 4 大区、12 个省 1 080 户膳食中 21 种元素含量。这些研究均估算了相应元素的膳食日摄入量。

蜜源花粉是人类最理想、最全面的高级营养品, 我国学者也开展了许多研究, 例如, 陈祥友 (1985) 测定了 11 种花粉中 22 种元素含量, 探讨了花粉微量元素在人类营养中的作用; 王开发 (1996) 研究了近 50 种花粉中 23 种元素含量, 探讨了花粉微量元素的功效及花粉资源的开发利用。蔡继炯 (1987) 和徐景跃 (1990) 也分别对 29 种花粉和 16 种花粉进行了系统研究。

中国营养学会在 1988 年制订了 / 推荐的每日膳食中营养素供给量⁰, 其中提出了 5 种元素的 RDA 值 (推荐的膳食供给量)。2000 年, 根据新的科学知识和我国的具体情况, 中国营养学会全面制订了中国居民膳食营养素参考摄入量, 共提出 6 种宏量元素及 9 种微量元素的适宜量 (AI)、可耐受最高摄入量 (UL) 或推荐摄入量 (RNI), 适用于不同年龄和不同生理状态的居民。

在食品成分调查的基础上, 我国编辑出版了地区性的和全国性的食品成分表 (中国预防医学科学院, 1991; 杨月欣, 2002)。

11113 土壤与恶性肿瘤 恶性肿瘤 80%~90% 与环境因素有关, 有些肿瘤具有明显的地区性特征, 如江苏启东的肝癌、太行山区及川西北地区的食管癌等等 (冯子道, 1987)。刘延芳 (1993) 测定了江西省 30 个县、市土壤中 6 种元素含量, 结合 8 种恶性肿瘤死亡率资料进行统计分析, 发现硒与结肠癌、直肠癌、肺癌死亡率呈显著负相关; 砷与胃癌、肝癌呈显著负相关, 而与乳腺癌呈显著正相关; 钼与直肠癌、宫颈癌呈显著负相关; 锰与直肠癌呈显著正相关; 钴与食管癌、直肠癌呈显著正相关; 锡与胃癌、肝癌、食管癌呈显著负相关。曾昭华 (2002) 利用江西省 91 个县、市土壤 18 种元素含量和各类癌症死亡率资料, 研究了两者的相关关系和相对危险度, 发现癌症死亡率高与许多微量元素的丰缺有关, 如胃癌死亡率随土壤钴、铜、钛、铬、镍、硼、钒、铁含量增高而上升, 随锡、铅、铍、氟含量增高而下降, 有较明显的剂量-效应关系, 与铍和氟的关系更为明显; 结肠癌死亡率随土壤铬、钴、钒、镍、铜、钛、汞含量增高而上升, 随锡、铍含量增高而降低。曾昭华 (2002, 2003) 还对土壤化学元素与癌症的相关性作了分类探讨, 对癌症与土壤重稀土、癌症与土壤锶的关系作了进一步研究。其他研究也表明, 江苏启东肝癌高发与缺硒有关; 山西林县等太行山区食管癌高发区, 土壤中铜、钼含量比低发区低 30%~40%; 四川阆中、盐亭等川西北地区食管癌高发区, 土壤和饮水中铜、锰、镁含量偏低。

11114 环境与地方病 大量调查已弄清, 中国克山病、大骨节病主要分布于东南湿润地带向西北干旱、半干旱地带之过渡地带, 形成一条从东北至西南走向的带状区, 在带状区内病区呈不连续灶状分布。这一地区的土壤-动物、植物-人体系统处于低硒循环状态, 病区硒水平又低于非病区 (中国科学院地理研究所, 1982)。

中国地方性甲状腺肿主要与环境碘含量异常有关, 全国 201 个地区 (其中包括碘缺乏、碘正常和碘过剩的地区) 饮水碘含量经对数转换后与甲状腺肿患病率呈明显的抛物线图式, 以患病率 5% 作为病区划分标准, 可以大致定出饮水的最适碘质量浓度范围为 10~300 Lg/L, 饮水碘质量浓度低于 10 Lg/L 或高于 300 Lg/L 的地区, 甲状腺肿患病率均升高, 质量浓度愈低或愈高, 患病率愈高 (王明远, 1985)。

中国地方性砷中毒主要有两种类型。饮水型地方性砷中毒分布于 8 个省、市、自治区 (新疆、山西、吉林、宁夏、青海、安徽、内蒙古、北京) 40 个县 (旗) 市, 砷中毒患病率与饮水

砷最高浓度之间有显著的剂量-效应关系。燃煤型地方性砷中毒主要分布于 2 个省 (贵州、陕西) 8 个县市, 砷中毒的发生与燃煤释放的砷污染有关 (金银龙, 2003)。

地方病主要出现于地表元素缺乏或过剩的生物地球化学区内, 有人把这种引起生物与环境化学平衡破坏的地区归纳为八种成因类型, 王明远 (1985) 已根据考察数据和文献资料编制成中国元素缺乏和过剩的生物地球化学区分布图, 包括缺硒、缺钼、缺锌、缺铜、缺硼、缺碘区和富硼、富砷、富氟、富硒、富碘、富砷区, 以及土壤盐分累积地区。我国还编纂出版了 5 中华人民共和国地方病与环境图集 6 (中华人民共和国地方病与环境图集编纂委员会, 1989)。

112 体内分布

11211 脏器 中国人脏器的元素含量曾有多人测定过, 例如, 毛孝田 (1984) 测定了浙江杭州 9 例婴儿肺中 8 种元素含量; 邝根祥 (1985) 测定了上海 22 名成人肺中 5 种元素含量; 陈清 (1985) 测定了北京 10 例成人肺中 9 种元素含量; 张元勋 (1987) 测定了 5 例健康成人肝脏和肾脏中 13 种元素含量; 李增禧 (1988) 测定了 1 名广州市民 11 种组织中的 15 种元素含量; 梁绍先 (1994) 测定了湖南长沙 20 例流产胎儿和 20 例意外死亡成人 6 种脏器中的 6 种元素含量。钟广涛 (1997) 测定了广州市多例 5 月龄人流胎儿及儿童骨中 10 种微量元素和 9 种稀土元素含量, 从胎儿骨中存在稀土元素可以说明, 稀土能通过胎盘进入胎儿体内, 稀土在儿童骨中的不正常累积也有可能引起疾病。此外, 胡玉章 (1985)、冯宗榴 (1987)、吴新怡 (1988) 还分别测定了人眼透明晶状体中的 6 种、5 种和 10 种元素含量。

中国辐射防护研究院为修订 ICRP (国际放射防护委员会) 参考人数据和建立中国参考人的人体模型, 系统地研究了我国南、北地区 (山西太原和长治市、四川成都市及湖南长沙市) 100 例不同年龄正常成年人 20 个脏器组织中 15 种元素含量, 计算了各脏器中元素含量占体内总量的份额, 为编制亚洲参考人参数提供了宝贵资料 (陈如松, 1999)。

11212 胎儿 为探讨成人疾病源于胎儿期的成因, 李海蓉 (2002)、侯少范 (2003) 测定并分析了河南农村几十例 4~10 个月龄胎儿大脑及肝、肾等其他组织中 21 种元素含量及时序变化特征。结果表明, 胎儿大脑 21 种元素含量多数低于成人, 并随月龄而变化。与发育时序的关系可以分为 3 种类型, 其中呈显著正相关和相关不显著的元素占 76.12%, 在所分析的 7 种组织中比例最高, 呈显著负相关的元素比例最低。呈显著正相关的 4 种元素除锰的变化与成人肺相同外, 铜、铬、钛与其他组织均不相同; 呈显著负相关的 5 种元素, 锌、钙、磷、锶在 7 种组织中有相同的变化趋势, 而钒的变化仅与成人脾一致。这提示胎儿大脑在生长发育过程中对营养物质的贮存功能有限, 当环境-食物链-母体系统营养缺乏时, 在优先保证大脑需要的生物学原则下, 胎儿某些组织的结构和功能可能产生永久性/程序化改变, 从而增加成人疾病发生的危险性。

11213 细胞 微量元素在细胞中的分布是不均匀的。郑健 (1993) 将密度梯度离心技术与中子活化技术相结合分析了人肝亚细胞组分中 8 种元素分布, 发现铜、锰、硒、锌主要存在于细胞核和线粒体中, 锰、硒、锌在亚细胞组分中的含量按(细胞核) (线粒体) (微粒体) (溶酶体) 的顺序呈现由高到低的一致性规律变化, 而铁在微粒体中最高, 汞主要存在于细胞液中, 镁以线粒体中为最高, 铷则主要集中在细胞核内。在分析细胞核、线粒体、髓磷脂、突触体中 10 种元素时, 他们还发现, 正常脑组织中的钾、镁主要集中在细胞核和线粒体中, 氯、钠主要富集于线粒体中, 硒以细胞核为最高, 但脑肿瘤组织中线粒体硒含量明显增加。

姚惠英 (2001) 用质子激发 X 射线技术和放射性同位素示踪技术研究了稀土元素铈和钆在亚细胞组分中的分布, 证明稀土离子能进入细胞中, 并富集在肝细胞的细胞核和红细胞的膜蛋白

中。

11214 骨和晶状体 张元勋 (2001) 使用同步辐射 X 射线荧光微探针技术获得了正常和骨质疏松股骨头切片元素分布的精细 CT 成像, 发现软骨和松质骨病变部位骨结构元素钙、磷、钾含量很低, 并已部分消失, 而无论是正常骨或病变骨, 钙和磷相互依存, 锌和锶与钙也存在正相关性, 说明微量元素锌、锶在人体骨的新陈代谢中发挥极其重要的功能。钱琴芳 (1992) 在观察家兔骨折愈合过程中, 也曾发现锶的代谢非常活跃, 术后 2 周骨痂中锶含量呈指数型函数曲线大幅度下降, 第 3 周和第 4 周达到最低值, 然后又呈指数型函数曲线大幅度上升, 直到第 6 周和第 7 周恢复到原先的术后水平。这些结果提示微量元素锶在骨质疏松和骨折治疗中的重要性。

钱琴芳 (1992) 在分析北京市 33 例老年性白内障晶状体 12 种元素含量时发现, 患者晶体的铁平均含量显著低于 29 名正常晶体平均值 (降低 1 倍), 硒含量也降低 (降低 1/3)。白内障患者头发钙、铜、锌、银含量非常显著地低于对照组, 而砷、铬含量又明显升高。动物实验证明, 硒缺乏和硒过量均能诱发白内障 (徐辉碧, 1994)。

113 代谢和疾病

11311 癌症 研究发现, 各类癌症的发生或发展至少与头发中 28 种元素含量异常有关 (秦俊法, 2003)。例如, 李增禧 (1987)、邓洪 (1994) 报道, 广东和广西省鼻咽癌患者头发钼、硒、锌含量显著降低, 而镍、铬、镉含量显著增高。沙因 (1994) 观察到, 华北地区鹤壁矿务局食管癌患者头发铁、铜、锰、镍、铅、磷、硫、钙含量显著降低, 铬、锶、硅含量显著升高。食管重度增生患者也有类似变化, 但铁、铜、镍、锶、钙、铅含量与食管癌患者也有显著差异。徐刚 (1996) 报道, 北京市肝癌患者头发铝、硼、铬、镧、锶、锌、磷、镁含量显著低于对照组, 而铁、铜含量则显著高于对照组。陆文栋 (1997) 报道, 江苏苏州地区乳腺癌患者头发锌、铜、锰、锶、钙含量显著降低, 乳腺增生患者头发锶、锰、钙含量也显著降低, 而铬、镍含量显著高于对照组。吕春平 (1999) 报道, 吉林长春肺癌患者头发铝、铜、钴、镍、锌、锶含量显著降低, 锰含量非常显著升高。胃癌、直肠癌和其他癌症也与头发或血液中某些微量元素含量异常有关 (于占洋, 2001; 秦俊法, 2003)。

11312 糖尿病 影响胰岛素活性和糖代谢的微量元素有铬、锌、铁、硒、钒、硼、锗、锂、铜、锰、镍和某些稀土元素 (秦俊法, 2000)。国内文献资料一致报道, 糖尿病患者铬、锌、硒含量显著低下; 大部分文献资料显示, 患者锰、铁含量显著降低, 铜含量显著升高。糖尿病患者有无并发症或合并症也与微量元素有关, 有并发症时患者的硒、铬、锌含量显著低于无并发症患者 (徐淑芬, 1994; 冯晋光, 1995; 曾钢沂, 1999)。不同类型的糖尿病, 其微量元素谱也有差异 (钟广涛, 1996; 李小霖, 1997; 孙淑芳, 1999)。

11313 心血管病 心血管病至少与血液中 24 种元素、头发中 18 种元素含量异常有关 (秦俊法, 2002)。例如, 刘汉林 (1988) 研究了山东省济南地区 91 例冠心病患者全血中 19 种元素含量, 发现患者铅、锌、镉、砷、钴含量及锌与铜含量比值极显著升高, 铜、硅、硒、锂、镁、铷、锶、镍、钡含量显著或极显著降低, 动脉粥样硬化程度与铅、镉含量呈剂量-效应关系, 并与钙含量呈显著负相关。梁国荣 (1986) 发现, 上海冠心病和肺心病患者头发锶、钙含量均显著低于对照组, 但肺心病组镍含量也显著降低, 冠心病组铜、铅含量显著升高, 所测肺心病组头发 8 种元素含量均显著低于冠心病组。陈祥友 (1984) 最先观察到, 各类心血管病患者头发钴含量显著降低; 肺心病、冠心病患者钾与钠含量比值显著低于正常人, 镁与钙含量比值全低于正常人; 冠心病、肺心病、房颤患者铅含量高于正常人。

11314 高血压 高血压至少与血液中 20 种元素、头发中 17 种元素含量异常有关, 并已知至少有 15 种元素在血压调节中起着重要作用 (秦俊法, 2003)。例如, 吴凯运 (1991) 报道, 安徽合肥市高血压患者头发锶、锰、钙含量显著低于正常人, 锌含量显著高于正常人。分期不同的高血压患者头发元素谱有显著差异: 0 期患者头发锌、钾含量显著高于 Ñ 期和 ò 期患者; ò 期患者锰、钙、钠含量最低; 而锶含量愈低, 血压则愈高。赵德山 (1995) 从全国 15 个省、市、自治区 25 个监测点取样研究了头发中 8 种元素与血压的关系, 结果发现, 高血压组和临界高血压组钠、锌、铁含量和钠与钾、锌与铜含量比值明显高于对照组, 而钾、钙、铜和钙与镁含量比值则相反, 高血压组与临界高血压组也有显著差异。逐步回归分析表明, 与收缩压密切相关的元素顺序为钾、钙、钠、铜、镁、锌与铜含量比值、锰, 与舒张压密切相关的元素顺序为钾、钙、钠。孔聘颜 (1996) 报道, 广东广州市男、女性高血压患者全血砷、铝、硼、镉、钛、钒含量均显著高于相应对照组。几位作者对妊娠高血压的研究一致地得出患者血清锌含量降低、铜和铁含量升高的结论。罗劲 (1996) 的研究还表明, 健康未孕妇女、正常妊娠妇女和妊高征患者血清硒、铬、钴、镍含量有依次逐渐降低的趋势, 而锰、铜含量则依次逐渐升高。

11315 痴呆症 痴呆症至少与头发中 20 多种元素含量异常有关。例如, 陈祥友 (1991) 观察到, 江苏南京市阿尔茨海默病 (老年痴呆症) 患者头发钡、锶、钙、镁、钴、铬、铜、镍、钛、锰、锌含量显著降低, 磷含量显著升高, 其头发元素分布模式与脑血管性痴呆头发元素分布模式类似。周飞 (1994) 报道, 河南郑州市脑萎缩患者头发钙、镁、铁、锌含量普遍降低, 而铝、铜含量显著升高。陈祥友 (1997)、洪嘉铭 (1997) 报道, 帕金森氏综合征患者头发铁、锰含量显著降低, 还有 20 余种元素处于不平衡状态。乔爱香 (2000) 也发现, 帕金森氏症患者有 15 种头发元素含量异常: 12 种显著降低, 3 种显著升高。

11316 其他疾病 秦俊法 (2003) 根据国内近 20 年来在主要微量元素期刊上发表的 280 多篇文献统计, 共有 17 类 71 种疾病与头发中 40 种元素含量异常有关, 其中研究得最多的, 或许就是与疾病关系最为密切的元素依次是: 锌、锰、镁、钙、铬、铁、铅、硒、铜、钴、镍、锶、钾、磷、钒、钛、钼、钠、钡、铝等 20 种。

于占洋 (2001) 根据国内文献统计, 共有 12 类 94 种疾病与血液、头发、尿液中 31 种元素含量异常有关, 与疾病关系最为密切的前 19 位元素依次为: 锌、铁、硒、铜、钙、锰、镍、铅、镁、铬、铝、氟、镉、锂、钴、钒、钼、锶、砷。与秦俊法的统计相比较, 两者至少有 15 种元素是共同的。

114 健康和长寿

11411 中药 我国的中医中药微量元素研究起始于上世纪 70 年代末, 现在已对几乎所有常用植物药、大部分矿物药和中成药, 以及许多食物性中药的元素成分作了测定, 并研究了中药无机成分与中药药性、药效的关系 (赵凤泽, 2002; 贡济宁, 2002)。例如, 管竞环 (1994) 测定了 121 味植物类中药中 42 种元素, 研究了无机元素在植物类中药中的分布规律, 建立了植物类中药微量元素含量区间尺, 为临床组方、药材鉴定和其他相关研究提供了参考。祁俊生 (1998, 2000) 用因子分析和聚类分析法对 105 味中药中 15 种稀土元素进行了研究, 揭示了稀土元素与中药四性和药效的关系。冯江 (2001) 测定了 100 种中药材中 / 有害 0 元素铅、镉、砷含量。

在中药炮制方面, 汪元妍 (1996) 分析了 11 种中药制剂中 8 种微量元素。余南才 (1996) 研究了 42 味植物类中药 17 种炮制方法与 33 种元素的相关性, 并用聚类分析和因子分析法探讨了中药炮制中无机元素构成比变化与临床疗效的定量关系, 获得了与祖国医药理论基本上一致的结

果。田源江 (2001) 测定并比较了 6 种党参炮制品微量元素含量。

在地道药材方面, 朱梅年 (1990) 首先研究了名贵地道药材的生物地球化学特征, 发现每一种药材都有其特殊的微量元素谱, 提出了名贵地道药材的微量元素图谱鉴定法; 通过补给微量元素栽培的天麻, 其品质和微量元素含量均有提高, 其药用成分 (天麻素) 含量随微量元素 (铷等) 的增加而增加。秦俊法 (1996) 测定了 12 种地道中药 98 个不同产地样品中的 7 种元素含量, 探讨了不同种属、不同产地、不同品种中药的元素分布规律。朱定祥 (2004) 对地道药材形成的制约因素及地道药材的地球化学特征作了全面综述。中国地质科学院 (2001) 对我国 4 个地球化学区的土壤元素分布特征作了细致分析, 为我国地道药材的培育提供了理论依据。胡世林 (1989) 主编了《中国道地药材》一书。

在矿物药方面, 孙静均 (1992) 测定了六大类 28 种传统矿物药中 53 种元素含量, 探讨了矿物药的药理机制, 并以药物疗效稳定、微量元素赋存特征和药物自身结构特征为基本内容, 探讨并提出了 / 理论药理 0 的新概念。

11412 长寿元素谱 长寿, 有着明显的聚居地区。世界上有五大长寿区, 中国有六大长寿之乡。中国除广西巴马、湖北钟祥、四川乐山、新疆克依、辽宁兴隆和江苏如皋外, 还有不少百岁老人聚居区, 如云南云龙、浙江慈溪、海南南山等。目前的研究认为, 长寿地区存在一个 / 优越的微量元素谱 0 或称长寿谱。这一长寿谱由锰、钼、硒、氟、锶、锌、钙、镁组成 (刘汴生, 2003)。例如, 广西巴马土壤和饮水中富含锰和锌, 长寿老人头发具有高锰低铜的特征 (朱高章, 1986)。湖北百岁老人聚居地区, 粮食中以富硒、富铁、低镉为特征, 黄豆更是富钴、富硒、富氟, 土壤、饮水中也富含锰、锶、硒、锌、铜、铁、钙、镁等有益于长寿的元素 (刘汴生, 1986)。新疆百岁老人生活区土壤中铬、锌、钙、镁含量均高于新疆土壤参考值, 百岁老人头发中镁、铝、铁、锰、钡、锶含量明显高于一般正常人, 而铜含量则较低, 头发镁、铝、钙、铁、锌含量甚至比土壤高数百倍 (邱洪晨, 1999, 2000)。陈艳兰 (1999~ 2001) 研究了云南云龙金竹林村白族长寿区土壤、泉水、猪肉、蔬菜、谷类、粮食、硬果仁及长寿老人头发中的 19 种元素后, 发现白族长寿区土壤、饮水和某些谷类中的铬、钼、锌、硒、钙、镁含量甚至比湖北省百岁老人聚居区还高。这一地区长寿老人头发也有高钙、镁、锰、铬、铁、锌和低铜的特征。

11413 健康饮用水 对长寿区 (村) 饮用水微观结构进行的研究表明, 那里的饮水中溶有促进生命化学过程的动力元素群, 它们都以含水络合离子的形式存在, 例如有 Zn^{2+} 、 Mn^{2+} 、 Cu^{2+} 、 Ni^{2+} 、 Fe^{2+} 、 V^{2+} 等含有 d 轨道的元素离子。这些含水络合离子都带微磁性, 它们同空气气相互作用后形成生命体最易吸收的络合氧, 而且水分子群的动力半径相当小, 容易通过活的细胞膜而被细胞吸收。饮水质量可以 ^{17}O 核磁共振谱的半宽度表征: 半宽度愈小, 表明水的能态愈高, 水分子群体愈小。测试结果证明, 广西巴马长寿村山水的 ^{17}O 半宽度为 67 Hz, 阿拉斯加山区水为 68 Hz, 而北京和上海某些市售品牌 / 矿泉水 0 分别为 132 Hz 和 126 Hz, 北京某厂高科技纯水为 98 Hz。这说明饮用水的能态高低是健康长寿所必需的充分条件。现在, 我国已发明含有近 30 种生命元素的多元素健康饮用水, 其 ^{17}O 共振谱半宽度达到 52 Hz (金日光, 2000)。

115 实验研究和生物学效应研究

11511 延寿实验 刘汴生 (1994) 用四膜虫对 22 种元素做试验, 发现在含量适宜时, 锰、锌、锶、铬、硒、氟等元素均可使其寿命从 60~ 90 天延长到 246 天, 而铁、铅、镉等元素则对四膜虫生存有明显的毒害作用。在用 8 组复合微量元素对寿命影响的研究中, 发现并不是必需微量元素的任意组合都能发挥最佳作用, 而由长寿地区 / 优越微量元素谱 0 组成的复合微量元素谱在

011~ 510 Lg/mL 范围内均能使四膜虫活到最长的寿命 (刘汴生, 1997)。复合微量元素谱 (长寿谱) 也能使雌、雄性果蝇最高寿命分别延长 4318% 和 4416%, 平均寿命分别延长 6715% 和 7812% (刘汴生, 1999), 复合微量元素谱 (长寿谱) 也使实验小鼠最高寿命由对照组平均 597 天延长到实验组的平均 851 天, 平均寿命由 376 天延长到 483 天 (刘汴生, 2003)。

11512 抗癌实验

(1) 稀土的抑癌效果: 彭少华 (1994) 按卫生部抗肿瘤药物体内药效实验规程进行稀土化合物的计量筛选试验, 发现当混合硝酸稀土剂量为 32 mg/kg 时, 对小鼠 S₁₈₀ 肉瘤和 Lewis 肺癌的生长有明显的抑制作用, 抑癌率分别达 3918% 和 3618%; 剂量为 64 mg/kg 时, 抑癌率也分别达 2713% 和 2916%。王宗惠 (1994) 每日以 200 mg/kg 稀土经口灌胃, 20 天后接种病株, 继续给药 10 天后对小鼠 S₁₈₀ 肉瘤的抑癌率达 36%。栗建林 (1997) 发现, 腹腔注射诱癌剂氨基甲酸乙酯后的小鼠, 连续每日饮用氯化稀土水溶液 120 天, 肺癌发生率和平均发瘤数均显著降低。注射诱癌剂的小鼠连续饮用含 01062%~ 11000% 的稀土水溶液后, 体内超氧化物歧化酶 (SOD) 活性明显高于没有饮用稀土水的小鼠, 而脂质过氧化代谢产物丙二醛 (MDA) 含量则显著低于阳性对照组, 而与阴性对照组处于同一水平。纪云晶 (2000) 在 5 年实验中证实, 四种稀土 (混合硝酸稀土、硝酸镧、硝酸亚铈、柠檬酸稀土) 在经消化道进入小鼠体内的条件下, 体液免疫、细胞免疫及抗体滴度、巨噬细胞和中性粒细胞吞噬功能均表现剂量依赖关系, 即低剂量时有增强作用, 高剂量时有抑制作用。

(2) 有机锗的抗癌效果: 羧乙基锗倍半氧化物 (简称 Ge-132) 是有机锗类的典型代表。黎丹戎 (1995) 用 Ge-132 和环磷酰胺 (CY) 对荷瘤小鼠进行体内实验, 发现 Ge-132 和 CY 对肝癌有类似的抑癌效果, 抑癌率分别为 41% 和 44%, 两者联合应用, 抑癌率可提高到 58%。Ge-132 还可显著提高血清 SOD 活性和肿瘤外周白细胞的浸润范围, 其效果好于 CY。毛旭峰 (1995) 也证明, Ge-132 与天然生物制剂 ZY-93 合用时对荷瘤 (S₁₈₀) 小鼠有明显的抑癌作用, 抑癌率 (68%) 比 CY (49%) 还高, 其提高 T 淋巴细胞数和提高 SOD 活性的效果也显著好于 CY。

(3) 镓的抗癌效果: 李广元、田东萍 (2002) 报道, 皮下接种 S₁₈₀ 的小鼠用氯化镓灌胃 2 周后, 瘤体重量显著轻于不用镓盐的对照组 (瘤重减小 65%)。氯化镓还可刺激瘤周纤维结缔组织增生, 有利于手术切除和限制肿瘤细胞的扩散。杨晓霞 (1997) 发现, 镓能诱导人胃癌 MGc 80-3 细胞凋亡, 凋亡细胞数为对照组的 613 倍。氯化镓还与 A-干扰素对人胃癌 MGc 80-3 细胞株的生长起协同抑制作用 (李广元, 2002)。

11513 生物学效应研究

(1) 四膜虫和衣藻: 20 世纪 80 年代, 北京大学刘元方、唐任寰研究小组首次以四膜虫和衣藻为生物模型分别对 48 种和 33 种元素的生物学效应进行了系统观察。结果发现: ¹ 化学元素周期表中主族元素具有较宽的促进生长含量水平范围, 同族中从上向下元素对细胞的营养作用减弱, 毒性抑制作用增强; 同周期中从左向右元素对细胞的营养作用减弱, 毒性抑制作用相应增加 (刘元方, 1986; 石进元, 1990)。° 同一副族元素 (或称过渡元素) 上、下之间关系, 与主族元素上、下之间的变化趋势相同, 即较重元素的生物毒性相对较大; 促进四膜虫增殖的起始含量水平与海水中过渡元素的丰度相对应 (唐任寰, 1987)。» 镧系元素中轻稀土元素对四膜虫的增殖均有明显的促进作用, 重稀土元素, 如铥、镱离子, 虽亦有一定的刺激促进作用, 但含量稍高即显示毒性抑制作用 (唐任寰, 1996)。

(2) 水稻秧苗: 中国水稻研究所裘凌沧 (1993) 从 1990 年起, 以高等种子植物水稻为生物

模型系统观测了 61 种元素对秧苗的剂量效应, 并通过电脑模拟估算了元素的适宜、抑制和中毒阈值。结果表明, 这些元素对水稻的生长势 (R_f) 及抑制阈值 (GD_{50}) 的影响在周期表中有一定的规律性, GD_{50} 也与这些元素的海水丰度和陆地丰度有非常显著的相关性, 但有些元素并不满足通常用以划分 / 必需 0 和 / 非必需 0 、/ 有益 0 和 / 有毒 0 的 Luckey B 和 A 模式, 一些 / 必需 0 或 / 有益 0 元素具有 A 型特性, 如铜和锗; 不少 / 非必需 0 或 / 有害、有毒 0 元素又具有 B 型特性, 如汞和钍。这表明微量元素虽有生物效应的规律性, 但又具多重性。

116 保健补剂和食疗产品

11611 营养补充剂 除碘盐和几家大公司生产的维生素- 矿物质多元平衡补充剂, 如施尔康、21 金维他、善存片外, 我国还研制了各种各样的以单元素为主体的营养补充剂, 例如锌补充剂、硒补充剂等, 前者有硫酸锌片、葡萄糖酸锌、甘氨酸锌、乳酸锌等, 后者有亚硒酸钠、硒酵母、富硒康、硒尔康、纳米硒等。有些微量元素补剂还含有其他营养成分, 例如, 新微宝以蛋白质为载体, 络合锌、硒、碘等微量元素; 营养合剂含有中药提取剂、复方氨基酸和锌、铁、铜等添加剂; 雪源康以铬酵母为主, 辅以山楂、决明子等中药配制而成。

11612 功能性食品 近年来, 我国采用生物转化的方法已研制开发出许多富含微量元素的功能性食品, 如富硒食品有: 富硒蔬菜、富硒水果、富硒有机茶、富硒奶、天然富硒营养蜜。天然富硒营养蜜是利用蜜蜂将无机硒转化为有机硒的技术生产的天然富硒蜂蜜, 富含有机硒及锌、铁、锰、铜、钙、镁等元素。又如富微量元素鸡蛋有: 碘蛋、高锌蛋、铁蛋、富硒蛋、多元营养鸡蛋。最近, 于健全 (2004) 利用某些富含微量元素的中草药作饲料研制出了比添加无机元素饲料更理想的中草药保健鸡蛋。

在功能性粮食方面, 除富硒粮, 如富硒米、富硒小麦、富硒玉米、富硒大豆外, 何一哲 (2001) 培育的高铁高锌食药兼用特质小麦新品种))) / 秦黑 1 号 0 , 其铁、锌含量分别为普通小麦的 19 倍和 4 倍, 也比现有其他黑小麦高 1016 倍和 411 倍。陶健婷 (2001) 报道, 中国营养平衡米的铁、锰、锌、铜含量均比普通 0 米高, 其膳食营养价值更高, 更符合平衡膳食模式要求。

在中药方面, 康中云 (2000) 人工栽培的灵芝子实体, 其硒含量比对照灵芝高 184 倍。

11613 食疗产品 最典型的食疗产品是陈祥友 (1994) 依据食物中微量元素含量及其在人体中的吸收机制, 研制出的纯天然毫乐系列营养保健品, 系由毫乐蜜丸、毫乐口服液、毫乐佐料和毫乐仙酒组成, 在食疗中分别起 / 君、臣、佐、使 0 的作用。经测定, 毫乐食品中各矿物质及维生素、多糖、甙类、有机酸、氨基酸、超氧化物歧化酶等天然活性物质, 种类齐全, 含量丰富, 营养平衡 (张甲生, 1997)。

另一重要食疗产品是平衡健身盐, 它能补充和调节人体中锰、锌、铁、铜、铬、硒、碘、锶等几十种元素的平衡 (钟炳南, 1993)。

2 重要意义

中国 20 年来的经验证明, 微量元素研究是关系国计民生的大事, 微量元素平衡是人民健康长寿的保证, 微量元素实践是发展科学的重要前提。开展微量元素研究对中国物质文明和科学文化的发展具有重要理论意义和实际意义。

211 国计民生的大事

21111 土质恶化问题 自然环境元素的不均匀性和人为迁移的扩大作用, 必然造成土壤元素丰缺失调, 这将直接影响农业生产和人体健康。据不完全统计, 我国耕地有障碍因素的占 7417% ;

占我国国土面积 21% 的热带、亚热带地区, 缺硼、钼、锌、铜的面积分别占 80%、64%、49% 和 15%, 受污染的耕地有 2 000 万 hm^2 (裘凌沧, 1996)。而据武伦福 (1999) 报道, 广东水稻土壤缺乏有效硅的占 601.0%, 缺锌占 441.4%, 缺铜和缺硼各占 201.0%。凌中鑫 (2003) 还报道, 我国土壤缺锌面积, 陕西为 501.0%, 甘肃 611.0%, 山西 591.6%, 吉林 361.6%, 河南 501.0%, 河北 701.8%, 北京 611.0%, 湖北 501.7%, 安徽旱地土壤竟有 851.5% 缺锌。

我国目前中、低产田占总耕地面积的 70% 以上, 一些高产田由于长期过量使用氮、磷、钾等常量元素肥料, 土质恶化, 增产幅度已很有限。针对性施用微量元素肥料, 是提高中、低产田产量的有效措施, 也是维持高产田连续增产的重要手段。

土壤缺乏微量元素将限制农作物的产量和质量。不同地区的不同作物施用微量元素肥料 (微肥), 一般可增产 5%~50%, 尤其是中、低产田效果最为显著。如陕西严重缺锌、中等缺锌、稍微缺锌和基本不缺锌土壤, 施锌肥后玉米增产率分别为 301.7%、81.1%、61.8% 和 31.5%。湖北等地水稻施锌结果表明, 水稻产量水平在 250 kg 以下者, 平均增产 35.15%; 原来产量在 300~400 kg 者, 平均增产 19.14%; 原来产量为 400~500 kg 者, 平均增产 10.15% (邵建华, 2001)。

21112 地方病流行问题 中国的地方性甲状腺肿是全国性的, 据 1997 年资料, 新疆、四川等 13 个省区 (重病区) 8~10 岁儿童缺碘性甲状腺肿患病率高达 43% 以上, 其余 13 个省区 (中病区) 也达 20% 以上, 沿海城市天津市为 321.6%, 因缺碘而智残者达 1 000 万人之多 (朱卷才, 1997)。现在全国正以食盐加碘的办法加以纠正, 补碘的长期效应尚需及时观察监督。

除湖北恩施、陕西紫阳和西乡等少数几个县乡外, 我国人口的 80% 以上生活在占国土面积 70% 的低硒或缺硒地区。克山病和大骨节病的流行区从东北到西南跨越全国 15 个省市, 高发区人口约有 8 500 万。环境低硒是克山病、大骨节病发生的主要因素, 但是只分别单独研究岩石、土壤、水、大气、粮食、动物或人发中的硒往往难以完整地说明这些疾病的发生过程及其动态变化, 必须进行系统的研究才能达到较好的预期目标。现在已知, 就克山病病因而言, 许多其他微量元素有与低硒复合致病的作用, 粮食中氨基酸和天然水中有机物也与低硒复合致病作用 (谭见要, 1996)。

我国的地方性砷中毒也十分流行, 受其影响的人口有 268 万之多, 高暴露人口也有 57 万。地方性砷中毒涉及 10 个省市、48 个县 (旗) 市, 目前已查出砷中毒者 1 万多人 (金银龙, 2003)。

除上述三类地方病外, 还有许多其他地方性疾病, 例如, 地方性氟中毒流行于 28 个省市; 新疆流行伽师病; 湖北、陕西有高硒病, 等等。患各类地方病的总人数估计在 6 000 万人以上, 有些疾病的发病病因和发病机制还未充分认识。

21113 有害物质排放问题 除职业性暴露外, 我国一般人群受重金属污染的情况也相当严重。这主要来源于工业废水的排放和通过大气的释放。

20 世纪 80 年代初期, 中国工业废水每年的汞、镉、铅、砷排放量分别达 62、256、3 006、1 200 t, 到 20 世纪末, 虽然这些有害物质的年排放量已分别降到 11、179、889、777 t, 但从 1981 年到 2000 年, 20 年内汞、镉、铅、砷的累积排放量已达 529、3 296、28 717、22 792 t (5 中国环境保护 6 编委会, 2000)。重金属的废水排放将直接影响饮用水源, 我国地表饮水的汞、镉、铬、铅污染已相当普遍 (刁维萍, 2004)。

关于有害物质的大气排放问题, 可以燃煤为例加以说明。中国是产煤大国, 煤不仅供家庭煮饭取暖之用, 也是中国能源的主要来源 (占中国总能源的 75% 左右)。从 1978 年到 1994 年, 我

国煤的消耗量逐年增加, 1995 年煤耗量已达 1978 年的 3 倍。燃煤释放的砷是我国地方性砷中毒的重要原因 (燃煤型地方性砷中毒占中国地方性砷中毒总受影响人口的 14%), 更是中国汞污染的重要来源。据估计, 1995 年各类燃煤向大气排放的总汞量达 214 t, 从 1978 年到 1995 年, 累积排放总量更高达 2 493 t, 每年以 41.8% 的速度增加 (王起超, 1995; Zhang, 2002)。有些省份 1995 年的大气汞排放量高达 20 t 以上, 如山西 (29188 t)、贵州 (22158 t)、河南 (19199 t), 有些工业化水平较高、人口较多的城市, 每年每 10^4 m^2 地区的汞排放量高达 2 t 以上 (如上海、北京、天津), 有些省份也达 1~2 t。

21114 **重金属污染问题** 重金属污染引起的健康问题已成为当今值得关注的社会问题。

(1) 铅: 对 1998~2000 年国内文献所作的调查表明, 以血铅 100 Lg/L 和头发铅 10 Lg/g 为标准, 涉及 14 个省市 28 篇文献的血铅超标率平均为 (4915? 1411)%, 而 9 个省市 47 篇文献的头发铅超标率平均值为 (4815? 1115)%, 两者结果相符 (秦俊法, 2002)。这表明, 在中国的儿童中, 几乎有一半儿童受到铅中毒的威胁。体内铅负荷增加会明显影响婴儿和儿童的智能发育。在上海进行的一项前瞻性研究中, 对婴儿随访 1 年, 发现高铅组 (出生时脐带血铅水平高于第 70 百分位值) 的精神发育指数比低铅组 (血铅水平低于第 30 百分位值) 降低 4 分。而在另一项对 128 名儿童进行的研究则表明, 高铅组的总智商、操作智商和语言智商分别比低铅组降低 12、12 和 13 分 (沈晓明, 2001)。

(2) 镉: 在我国农村地区, 土壤镉污染已非常严重。20 世纪 90 年代初, 我国污灌 (引用工业污水灌溉) 农田已扩大到 $114 \times 10^6 \text{ hm}^2$, 其中镉污染耕地为 $113 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 涉及 11 个省市的 25 个地区, 每年生产 / 镉米 $0.510 \times 10^7 \text{ kg}$ 。如沈阳市张士灌区有 $2.533 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 农田遭受镉污染 (土壤镉含量大于等于 110 mg/kg), 其中严重污染面积 (可能产生稻米镉含量大于等于 110 mg/kg 的农田) 占 13%; 江西大余县污灌引起的镉污染面积为 $515 \times 10^3 \text{ hm}^2$, 其中严重污染面积占 12%。土壤中的作物受镉污染产生 / 镉米 0 的地区还有: 上海的川沙灌区, 广东的广州和韶关地区、广西的阳朔、湖南的衡阳等 (利锋, 2004)。

农田镉污染不仅使谷物严重减产, 并产出不能供食用的镉米。据何电源 (1991) 在 1987~1990 年间对湖南省的调查, 农田镉污染主要来源于工矿企业排放的废气和废水。环境镉污染还对一般居民造成健康危害。

镉的污染危害从浙江某冶炼厂的调查结果可见一斑。以该厂 2 km 以内为重污染区, 离该厂 12 km 处为低污染区, 以无镉污染的地区为对照区, 结果发现, 污染区内居民尿镉含量均显著高于对照区。反映肾小球功能损伤的指标))) 尿 B_2 微球蛋白 (B_2MG) 和尿 N_2 乙酰 B_2D 氨基葡萄糖苷酶 (NAG 酶), 重污染区显著高于低污染区和对照区, 尿镉水平与尿 $\text{B}_2\text{-MG}$ 及尿 NAG 酶存在明显的剂量-反应关系 (汪再娟, 2004)。另一次研究还发现, 低污染区的尿镉值超过正常值上限的居民占调查总数的 5167%, 而重污染区更高达 84162% (孔庆瑚, 1997)。最近的研究表明, 一般人群的低剂量镉暴露还可引起骨矿密度降低、尿钙排泄增加及生殖毒性 (Nordberg, 2003; 包克光, 1987)。

(3) 汞: 汞的毒害因 20 世纪 50~70 年代日本的甲基汞中毒 (水俣病) 和伊拉克农村的烷基汞事件而闻名于世。当今中国居民除受到日益严重的废水排放和燃煤释放的汞毒害外 (体现在膳食汞摄取中), 还受到来自三个方面的影响, 即牙齿充填物、吃含甲基汞的鱼和疫苗注射。

据调查, 中国人的乳牙患龋率达 76%, 龋牙均数为 2~4 个, 其中约有 10%~13% 的人要用银汞合金作牙齿充填物 (郭颖, 2003; 陈慧美, 1986)。补牙对牙科医生和患者来说都是受害者。

补牙者因长期咀嚼牙床而使血汞和尿汞升高。付京秋 (2003) 对黑龙江省第二医院的调查表明, 大量使用银汞合金的口腔科医生, 中枢神经系统、生殖系统和口腔健康受到了明显影响, 在每月用汞量 80 g 以上的 28 名医生中, 有 4 名被确诊为慢性汞中毒。

无论是海鱼或淡水鱼, 都有富集水中甲基汞的能力, 吃鱼多的人体内汞蓄积明显增加。怀孕期母亲吃鱼量多, 很可能对其后代产生不良的影响 (WHO, 1990)。对松花江水系 1 302 名渔民调查结果表明, 有神经系统、眼科、耳科阳性体征者占体检总数的 1218%, 发现汞超标者有 18 人, 感觉神经性耳聋占 616%, 还筛选出 5 名甲基汞中毒渔民 (侯铁宁, 1993)。

根据中国儿童计划免疫现行免疫程序, 1 周岁以内的儿童要完成 5 种疫苗的接种, 15 岁以下儿童总共要注射或口服 12 种疫苗, 20 岁以上的成年人每隔一定时间还要加种多种疫苗。疫苗要用硫汞散作防腐剂, 它与甲基汞一样对人体有害, 美国于 1997 年 7 月声明取消疫苗中硫汞散的使用 (Ball, 2001), 但发展中国家仍在多次使用疫苗瓶。

(4) 稀土: 我国稀土储量、稀土生产和稀土出口均为全球之冠, 稀土应用也居世界第二。动物实验和体外实验表明, 稀土可能是植物正常生长需要的元素, 可能也是动物机体功能的调节剂和人体的有效抑癌剂 (纪云晶, 2000; 秦俊法, 2002)。但也有许多人群调查资料说明, 稀土具有蓄积毒性。对江西赣南稀土矿区自然人群进行的调查表明, 稀土对大脑功能 (朱为方, 1996, 1997)、肝肾功能和免疫功能 (冯嘉, 2000) 产生负面影响。对湖南桃江稀土冶炼厂的调查表明, 稀土作业影响生殖功能和心脏功能 (金秉恩, 1991)。许多疾病, 如系统性红斑狼疮、癌症、脑中风、癫痫、偏头痛、帕金森氏症等的发生或发展可能与体内某些稀土元素含量异常有关 (陈祥友, 2000; 秦俊法, 2002)。

212 健康长寿的保障

21211 营养的评估和监督 根据 1992 年进行的全国总膳食调查结果, 发现有 6 种元素的日摄入量大于 ICRP 参考人推荐值的 150% 以上, 15 种元素的日摄入量小于该推荐值的 50% (陈如松, 1999)。在 1996~1997 年进行的全国总膳食调查表明, 在所测定的 42 种元素中, 我国成年男子有 2 种元素 (金和硒) 的膳食平均摄入量低于最新国际估算值的 50%, 有 17 种元素 (银、铝、砷、镉、钴、铬、铁、汞、碘、锰、钼、铅、铋、锑、钽、铀和钒) 的日摄入量超过最新国际估算值的 150%。这些调查揭示了当前我国营养和卫生方面存在的问题: 我国参考人钙、锌、硒摄入量偏低, 铅、镉、锰和钠的摄入量又过高, 尤其是近年来铅、镉和汞摄入量的升高, 应当引起重视 (诸洪达, 2000)。

在人体调查中, 发现我国儿童钙、锌水平平均偏低, 据 1995~2000 年全国 17 省市 33 个城市 55 篇文献数据, 中国儿童平均缺锌率为 4714%, 缺钙率为 3114%。儿童缺铁的情况也相当严重, 例如, 江西省妇幼保健院检测了 634 例 0~3 岁门诊儿童血液样品, 发现有 6516% 的血铁值低于正常值下限 (聂忠华, 2003)。

在中国人的膳食结构中, 肉类在微量元素摄入量中是占第三位 (如钾、铁、碘、硒、铬), 甚至第二位 (如锌) 的重要因素。但近年来, 我国也陆续发现动物微量元素缺乏症或中毒症的流行: 硒缺乏和氟中毒已在全国范围内造成危害; 新疆 20 个地区流行羔羊铜缺乏症, 发病率高达 80% 以上; 内蒙古巴盟地区流行的绵羊脱毛症, 发病率达 50%~60%; 十几个省市流行过畜禽缺锌症。有些地区猪的碘缺乏发病率达 39%, 绵羊达 60%, 牛犊高达 70%~80%, 母畜流产率达 47% (李光辉, 2004)。家畜、家禽的微量元素缺乏, 也直接影响人体的微量元素平衡。

21212 疾病的筛选和诊断 微量元素分析有可能为疾病, 特别是疑难疾病作出预报或诊断。

1990 年, 徐辉碧研制成 / 云锡矿工肺癌风险人群微型计算机预报系统⁰, 对 342 名矿工进行监测, 预报肺癌的准确率达 94%。实践证明, 这种方法也可应用于其他地方病或职业性疾病的预报或监测。1996 年, 徐刚证明由铜、锌、铁、铬、硼、铟、钡、锰、铝等 9 种元素组成的头发元素谱适合作肝癌早期辅助诊断的参考指标, 对 22 例患者和 22 名健康人所做的研究表明, 该元素谱对肝癌的判别灵敏度达 100%, 特异度为 97178%。2000 年, 陈祥友总结、创造了 / 陈氏诊法⁰, 通过测定头发中 35 种元素含量, 可对冠心病、脑血管病、癌症和老年性痴呆等疑难病进行诊断、预报和预测。徐子亮经过近万例临床实践证明, 头发量子共振诊断法 (Q- FAFA) 对癌症的诊断准确率达 90% 以上, 不仅能发现疾病, 而且能测知病变部位及跟踪致病因子的变化过程。白求恩国际和平医院用 Q- FAFA 对 395 例肿瘤住院患者的定性诊断灵敏度为 9817%, 定位诊断准确率为 9411% (苏同义, 2003)。

21213 顽症的预防和治疗 许多疾病, 特别是一些带有地区性特征的微量元素缺乏病, 可通过人群服用补充剂或提高谷物质量的办法加以预防或纠正。以硒为例, 山西林县 29 584 名普通人群通过 5 年补充胡萝卜素、维生素 E 和硒酵母, 使胃癌发病率降低 16%, 癌总发病率降低 8%, 胃癌死亡数降低 20%, 癌总死亡数降低 13% (诸亚君, 1997)。江苏启东通过作物喷洒亚硒酸钠使玉米和元麦硒含量均提高 6 倍左右。20 847 人食用硒盐, 7 年内肝癌发生率降低了 35%。高危人群 (乙型肝炎患者) 口服硒酵母使肝癌发病率大大降低 (李文广, 1995)。这些办法既简单易行, 又便于大面积人群推广。

元素平衡医学食疗对治疗当今疑难顽症有着独特的优点。陈祥友自 1990 年用该法治疗老年脑萎缩性痴呆症获得突破以来, 已证实采用元素平衡方法对其他疾病也有很好疗效。治疗 83 例帕金森氏综合征有 52 例治愈, 无效者仅为 5 例; 治疗近千例脑中风及其后遗症, 治愈率在 75% 以上, 有效率在 90% 以上; 治疗小儿脑瘫, 2 岁以内的治愈率达 90%, 2~ 4 岁为 70%, 4~ 6 岁为 40%, 6~ 8 岁的治愈率接近 20%; 癫痫: 如果没有用神经抑制剂, 治疗 2~ 3 个月, 治愈率在 75% 以上; 系统性红斑狼疮: 已治愈 32 例, 如果发病后就用食疗法治疗, 治愈率在 95% 以上; 癌症: 乳腺癌可以治愈, 肺癌、胃癌、食道癌经治疗癌组织缩小, 病情缓解, 晚期癌症可延长 3 个月到 10 个月寿命 (陈祥友, 2002)。对 3 例艾滋病病人进行的试治疗表明, 通过 4~ 6 个月食疗不仅 CD₄ 淋巴细胞增加到正常范围, CD₄ 与 CD₈ 比值也都恢复到接近正常的范围, 体重明显增加 (陈祥友, 2003)。

元素平衡医学食疗法还应用于临床高血压、心肌梗死、脑梗死、心力衰竭、肾衰竭、偏头痛和危重系统性狼疮急救, 成功地救治了近百名危重患者 (陈祥友, 1999)。

根据元素平衡保健理论研制成功的平衡健身盐也有防病治病的十五种功效 (钟炳南, 2004)。

213 新学科的催生

21311 元素平衡医学 中国古人曾言: / 人与天地相参也, 与日月相应也⁰ (5 灵枢# 岁露⁶), 又曰: / 阴平阳秘, 精神乃治; 阴阳离决, 精气乃绝⁰ (5 素问# 生气通天论⁶), 说明早在二千多年前人们就已认识到, / 天、地、人⁰ 这个大宇宙是一个平衡的统一体, / 人体⁰ 这个小宇宙也处于阴阳相互制约、相互增长的动态平衡之中, 如果这种动态平衡遭到破坏, 即是疾病的形成。20 世纪 80 年代和 90 年代初, 我国学者利用自己测定的数据和文献资料证明, 人体元素丰度曲线与地壳、土壤、海水、动植物元素丰度曲线十分类似; 人体的许多疾病与体内微量元素失调密切相关。1988 年, 陈祥友在分析和掌握数万例头发 35 种微量元素数据和数百种食物及中药微量元素含量的基础上, 根据元素平衡和中医 / 相生相克⁰、/ 君、臣、佐、使⁰ 原理经上百次研究、提炼

研制成耄乐系列元素平衡医学食疗产品,接着在征得药政管理部门同意后正式试用于临床,治愈了几十例心血管病患者。1990年,用元素医学食疗法治疗脑萎缩性痴呆获得突破,以后又在治疗癌症、脑中风、心肌梗死等一系列疾病上取得显著疗效,创建了/陈氏疗法0。1994年1月,耄乐系列保健食品通过鉴定。1997年,陈祥友正式提出/元素平衡医学0理论。2000年,陈祥友集20年实验室工作和20年临床研究成果,创立了通过检测患者头发中35种元素含量、与相同性别和相同年龄健康人结果相比较而诊断疾病的方法))) /陈氏诊法0。这样,/陈氏诊法0和/陈氏疗法0就构成了一个相辅相成的完整的/元素平衡医学0医学体系(陈祥友,2000)。

元素平衡医学是研究元素,特别是微量元素在人体中的生理作用和平衡机制,应用富含微量元素的天然药物和食物治疗人类顽症、促进人类健康长寿的科学。

21312 **微量元素营养生态学** 我国在土壤圈生命元素空间分异与生态效应(龚子同,1989)、地方病的生态化学地理(谭见安,1996)、人类营养(中国营养学会,2000)、农作物微量元素缺乏诊断和微量元素肥料应用(邵建华,2001)、动物营养及动物微量元素性疾病(李光辉,2004)等方面的研究成果证明,微量元素的迁移、循环和生物有效性是通过食物链来实现的,土壤和水中的微量元素通过食物链传递给生物)))植物、动物和人,从而制约甚至左右生态系统中生物的营养和健康,因而一门涉及土壤生物地球化学、植物营养学和动物营养学等多学科相互渗透、相互交叉融合发展起来的新学科逐渐形成,有人把它称之为微量元素营养生态学(杨玉爱,2000)。

微量元素营养生态学是研究生物和环境生态系统中微量元素的组成、分布、迁移、循环、评价及其相互关系的科学。

21313 **中药元素学和头发元素学** 中药和头发是两类特殊的物质,神秘而又普遍。古代人把中药分为三类,/上药养命、中药养性,下药养病0(5神农本草经6);把头发看作是人身精华,生命的象征,/身体发肤,受之父母。不敢毁伤,孝之始也0(5孝经6),因而有/莫邪断发铸剑0、/成汤剪发求雨0的传说(江绍原,1928)。

近20年来,中国人对中药中微量元素的含量、分布和存在状态,微量元素与中药功效、药性和归经,微量元素与地道药材及中药栽培,微量元素与中药炮制,微量元素与中药复方等作了广泛的调查和研究(曹治权,1993),微量元素已被看作是中药的有效成分之一,一门新兴的学科))) /中药元素学0应运而生。

英国皇家儿童医院Laker博士(1982)曾经预言:/当需要评估身体的微量元素状况时,聪明的做法是在抽样前先考虑一下,不要仓促抽血,头发可能是更加合适的标本0。中国的实践证明,此言确实。自1983年徐辉碧、陈念贻首次将模式识别技术应用于生物微量元素研究领域、1984年殷泰安、陈学存证明头发锌含量可以作为评价中国儿童锌营养状况的简便指标以来,中国已在头发元素含量、年龄分布和正常值范围,头发元素与营养,头发元素含量异常与疾病,头发诊断儿童铅中毒等各个方面积累了大量数据和经验,扩充了钴、钒、铋、锗、镱等头发元素临床意义的知识,发展了新的数据处理技术,创立了头发元素诊病方法,头发元素学的雏型已经形成(秦俊法,2003)。

21314 **元素平衡保健医学** 根据人类几百年来科学发现,特别是现代医学成果,钟炳南于1978年率先提出了/元素平衡保健0的概念,并据此研制了平衡健身盐。2003年,5元素平衡保健医学6一书正式出版发行。该理论认为,不管是中医的/辨证论治0,还是西医的/辨病诊治0,其实质都是辨别病人的元素平衡失调状态,而心脑血管病、癌症、糖尿病等现代文明病病人越来越多,究其原因也是日益加剧的元素平衡失调,因而主张通过食物和食物链来补充和调节

人体内几十种元素的平衡 (钟炳南, 1993, 2004)。裘凌沧 (1993) 也主张通过食物链途径解决生命健康问题, 提出了 / 从营养健康角度, 优化食物生产和消费; 从食物链入手调控, 改善品质, 增强体质⁰ 的调控策略。林长清 (1994) 针对中国营养不良和营养过剩并存的发展趋势, 开发出了中国营养平衡米。

21315 元素医学地理学 研究发现, 疾病和健康有着明显的地域差异, 亦即生活在不同地理环境或不同景观区的人, 其健康水准可能很不相同。例如, 北京、上海的健康指数可达 60, 而西藏、贵州仅为 10~ 14 (谭见安, 2004); 新疆的百岁老人数与总人口数之比为 $78144/10^6$, 而内蒙古仅为 $3174/10^6$ (刘沛生, 2003)。由于不同地域的自然地理环境的化学属性差异、元素的迁移和转化, 以及经济地理过程和社会文化地理过程的不同, 从而形成化学元素的地域分异, 进而产生各类疾病 (地方病类, 地区性高危病类、慢性病类、总慢性传染病类) 的地域分异; 药物资源的地域分异; 营养资源的地域分异; 疗养资源的地域分异, 等等。

元素医学地理学是健康地学的一部分, 它是研究人群疾病和健康状况的元素地理分布规律, 疾病发生、流行和健康状况变化与元素地理环境的关系, 以及元素医疗保健系统和设施的地理配置的科学。

中国微量元素研究丰富和发展了微量元素科学的含义和内容, 包括上述诸项新学科在内的、具有中国特色的新兴科学正在中国逐渐形成。新科学是集生物学、化学、地理学、医药卫生学、环境科学、生命科学于一体的综合性边缘科学。微量元素以生物无机化学为基础, 以全元素平衡为核心, 其实质就是研究如何调控土壤- 饮水、植物- 动物和人之间的相互关系, 如何监测和调节人体元素的平衡状况, 以防治疾病和促进健康长寿。

3 存在问题

中国微量元素研究在过去 20 年中取得了丰硕的成果, 但也存在思想认识不一, 实验数据缺乏可比性, 以及组织结构分散等方面的不足。

311 对人体内外生态环境的整体性和系统性认识不足

自然界的微量元素存在着一定的规律, 如元素的普遍性, 元素时空分布的不均一性, 元素丰度变化的有序性, 元素生物效应的规律性和多重性, 元素相互关系的协同性和制约性, 元素平衡的可调性, 以及地球生态环境的可变性, 等等。因此, 整个大自然是一个统一体, 任何重大自然活动或人类行为都可能破坏原先的平衡而引起微量元素的缺乏或过剩; 任何元素含量异常或失衡都可能引发动物和人的不适或病理变化, 无论有症状的还是无症状的; 任何疾病都是元素 / 关系病⁰, 而不是单元素 / 要素病⁰。微量元素, 实际上本无所谓 / 必需⁰ 或 / 有毒⁰, 而仅仅是一个剂量问题或认识与否、证明与否的问题。FAO/ IAEA/WHO 多少也已改变过去对必需微量元素的提法, 而把所谓的 / 必需微量元素⁰ 分为三类: (1) 人体必需微量元素, 共 8 种, 包括碘、锌、硒、铜、钼、铬、钴及铁。(2) 人体可能必需的元素, 共 5 种, 包括锰、硅、硼、钒及镍。(3) 具有潜在的毒性, 但在低剂量时可能具有人体必需功能的元素, 包括氟、铅、镉、汞、砷、铝及锡, 共 7 种 (WHO, 1996; 中国营养学会, 2000)。因此, 开展所谓的 / 零铅工程⁰ 或 / 零 @ 工程⁰ 的提法是不科学的, 也是不现实的。

312 对饮水中微量元素的作用认识不够

水是生命之源, 人体组织中含有 70% 以上的水。近代研究表明, 水中带有微磁矩和亲电性适当的金属离子在人的生命活动或遗传密码子连续性中起着催化、激活、动力的作用。广西巴马

长寿村山水是含有多种微量元素的高能态水。高能态水可使人体不正常的血相态和微电场分布(亦称气场分布)向正常状态转化(金日光, 2000)。

人体的各个部位, 凡是有水的地方就有生命相关元素和生命动力元素离子共存着。长期以来有关纯净水的盲目争论已经开始危害我国瓶装水的健康发展。

此外, 我国评价饮用水水质标准的先进仪器也很缺乏, 检测水凝聚体大小的 ^{17}O 核磁共振谱仪和检测血相状态的超短聚集暗场高倍显微镜还很少, 而检测人体微电场分布的克里安检测仪国内尚无一台。后两种仪器是鉴定饮用水效果的重要仪器。

313 对血液和头发的本质认识不清

血液和头发是两种最普遍采用的生物学检验标本, 两者有共同点, 也有不同点。血液和头发元素反映不同时间尺度的身体元素状况, 头发反映身体环境暴露和体内长时期内元素的平均水平, 而血液仅反映取样时的身体状况。因而头发元素与其他组织或体液元素之间不一定存在显著关联, 以头发元素与血液或其他组织元素之间是否存在显著关联来判断头发分析质量是错误的(Bencze, 1994; 秦俊法, 2002)。与血液分析相类似, 头发分析不存在测得准与测不准的问题, 许多因素影响着测量结果的可靠性, 而这些因素都是可以克服或不难解决的。

314 文献数据的不可比性

文献中许多数据缺乏可比性, 其中有取样不规范问题, 实验条件的控制问题, 测定过程中的质量保证问题, 对照对象不合理, 以及参比值(或正常值)不统一等问题。

有些重要参数还存在严重分歧, 最明显的是中国人的膳食汞摄入量, 陈君石 1993 年和 1997 年的报道值分别为 1013 Lg/d 和 512 Lg/d , 而诸洪达 2000 年的报道值为 3415 Lg/d , 两者相去甚远。

315 组织结构分散

中国的微量元素组织, 就全国范围而言, 除中国微量元素科学研究会外, 还有许多分属于其他学会的二级学会或专业委员会, 它们在推进学术交流和传播科学知识方面起着十分重要的作用, 但学会不是权力机构, 不能组织或协调重大项目的科研和攻关, 也难以就共同性问题, 如标准方法的制订, 正常参考范围或限值的确定等, 开展合作。

学会组织结构分散也会带来其他方面的负面影响, 对有些问题可能会因学派不同或见解不一而引起纠纷, 有机锗事件即为一例。

此外, 目前虽有三家微量元素专业性杂志, 但尚无全国核心期刊。

4 几点建议

近年来, 我国大规模的全国性调查研究课题和资料已较过去大为减少, 这些调查虽 / 劳民伤财, 却对政府决策或任务规划十分重要。为了今后中国微量元素科学的顺利发展, 作者提出如下建议。

411 成立国家级微量元素专家委员会

建议在国家科技部或全国政协内成立微量元素科学委员会或专家组, 负责定期组织全国性重大专题研究现状、问题及对策研讨会, 提出报告, 供决策部门参考; 负责组织、协调全国性专项调查或评价标准的制订。

412 制订头发分析标准化方法

鉴于头发元素分析的重要性、普遍性及实用性, 建议委托或责成有关部门尽快研究、制订头

发取样、清洗、制备和全元素谱测定的标准化程序；建立中国无职业性暴露人群头发元素正常参考值。

413 建立中国人体和总膳食全元素数据库

建议成立或健全国家级微量元素研究机构，集中优秀人才，采用世界上最先进仪器设备和研究手段，对血液、头发、总膳食全元素谱开展全国性调查，建立中国人体和中国总膳食微量元素数据库，探讨元素谱系内的相互关系或平衡模式。

414 开展长寿成因调查

我国有两大类六大长寿地区。建议对我国六大长寿区开展生态系物质（包括饮用水）和长寿老人微量元素谱的全面调查，从一个侧面揭示长寿成因之谜。

415 开展中国食用海藻全元素成分调查

中国海域宽广，食用海藻丰富，但除在建国早期作过部分元素调查外，尚无有系统研究。建议开展食用海藻的全元素调查，特别是南海地区的海藻。建立海藻铅、汞、砷、镉、硒等重金属元素的评价标准。

416 研究和开发大众化元素平衡保健食品

提倡、鼓励和号召民营企业资助大众化元素平衡食品的研究和开发，例如，类似元素平衡盐、中国营养平衡米等类食品，有步骤地向全民推广，以抑制现代病的发生和扩展。

参考文献：

- [1] 王夔，主编. 生命科学中的微量元素 [M]. 第二版，北京：中国计量出版社，1996. 1~ 54.
- [2] 谭见安，主编. 环境生命元素与克山病))) 生态化学地理研究 [M]. 北京：中国医药科技出版社，1996. 1.
- [3] 张孙玮，主编. 微量元素科学进展 [M]. 杭州：杭州大学出版社，1993. 6~ 11.
- [4] 中国营养学会. 中国居民膳食营养素参考摄入量 [M]. 北京：中国轻工业出版社，2000.
- [5] 杨月欣，王光亚，潘兴昌. 中国食品成份表 [M]. 北京：北京大学医学出版社，2002.
- [6] 王明远，章中. 生物地球化学区和地方病的探讨 [J]. 中国科学 (B辑)，1985, (10): 931~ 936.
- [7] 陈君石，高俊全. 1990 年中国总膳食研究 1. 化学污染物 [J]. 卫生研究，1993, 22 (增刊): 1~ 12.
- [8] 陈君石，高俊全. 1992 年中国总膳食研究 (一) 不同地区的比较 [J]. 卫生研究，1997, 26 (3): 199~ 203.
- [9] 陈君石，高俊全. 1992 年中国总膳食研究 (二) 不同年龄组比较 [J]. 卫生研究，1997, 26 (4): 255~ 261.
- [10] 诸洪达，王继先，陈如松，等. 中国人食品中元素浓度和膳食摄入量研究 [J]. 中华放射医学与防护杂志，2000, 20 (6): 378~ 384.
- [11] 曾昭华，曾雪萍. 化学元素与癌症的相关性及其分类的探讨 [J]. 贵州环保科技，2002, 8 (3): 5~ 9.
- [12] 曾昭华，曾雪萍. 中国癌症与土壤中重稀土元素含量的关系 [J]. 贵州环保科技，2002, 8 (1): 5~ 8.
- [13] 金银龙，梁超轲，何公理，等. 中国地方性砷中毒分布调查 (总报告) [J]. 卫生研究，2003, 32 (6): 519~ 540.
- [14] 冯宗榴，黄家琛，李增禧，主编. 现代微量元素研究 [M]. 北京：中国环境科学出版社，1987.
- [15] 吴乐正，李增禧，主编. 眼病微量元素临床与实验研究 [M]. 北京：中国环境科学出版社，1990. 46~ 56.
- [16] 陈如松，尹协瑜，冀绍伟，等. 中国正常人体内元素含量的检测研究 [J]. 广东微量元素科学，1999, 6 (1): 1~ 20.
- [17] 侯少范，王丽珍，李海蓉，等. 胎儿肝脏 21 个化学元素含量的动态变化及其营养生理意义 [J]. 卫生研究，2002, 31 (4): 226~ 229.
- [18] 侯少范，李海蓉，李德珠，等. 胎儿大脑化学元素的时序变化特征与成人疾病成因的探讨 [J]. 广东微量

元素科学, 2003, 10 (11): 23~ 30.

- [19] 郑健, 庄李荪, 王永洁, 等. 应用中子活化分析技术测定人脑肿瘤亚细胞组分中微量元素 [J]. 核技术, 1993, 16 (7): 417~ 420.
- [20] 徐辉碧, 主编. 硒的化学、生物化学及其在生命科学中的应用 [M]. 武汉: 华中理工大学出版社, 1994. 244~ 253.
- [21] 中国科学院高能物理研究所. 中子活化分析在环境学、生物学和地学中的应用 [M]. 北京: 原子能出版社, 1992. 268~ 302.
- [22] 徐刚, 王孟才, 刘晶, 等. 肝癌患者血清与头发中多种元素的临床流行病学研究 [J]. 微量元素与健康研究, 1996, 13 (4): 17~ 18.
- [23] 陆文栋, 何广仁, 秦俊法, 等. 乳腺癌及乳腺增生患者头发微量元素的初步研究 [J]. 核技术, 1997, 20 (1): 53~ 55.
- [24] 沙因, 刘平生, 章佩群, 等. 用计算机模式识别法和 PIXE 研究人发中元素在食管癌诊断中的作用 [J]. 核技术, 1994, 17 (3): 164~ 167.
- [25] 秦俊法, 李增禧, 梁东东, 编著. 头发微量元素分析与疾病诊断 [M]. 郑州: 郑州大学出版社, 2003.
- [26] 秦俊法, 李增禧, 叶福媛, 等. 头发元素分析临床应用发展史略 [J]. 广东微量元素科学, 2002, 9 (4): 1~ 33.
- [27] 秦俊法. 微量元素与糖尿病 [J]. 广东微量元素科学, 2000, 7 (2): 1~ 15.
- [28] 李小樾, 梁宝鏊, 李增禧. 糖尿病患者头发微量元素含量与其分型、并发症及遗传因素的关系 [J]. 世界元素医学, 1997, 4 (3): 5~ 11.
- [29] 秦俊法, 华栋, 李增禧. 微量元素与心血管疾病 1. 心血管病人的元素含量异常 [J]. 广东微量元素科学, 2002, 9 (11): 1~ 20.
- [30] 梁国荣, 沈吕南, 汪学朋, 等. 肺心病与冠心病患者头发微量元素测定结果分析 [J]. 中华心血管病杂志, 1986, 14 (4): 210~ 212.
- [31] 于占洋, 侯哲, 主编. 微量元素与疾病诊断及治疗 [M]. 北京: 人民卫生出版社, 2001. 11~ 345.
- [32] 陈祥友, 裘家奎. 人发中微量元素与心血管疾病 [A]. 见: 第一届全国微量元素与健康研讨会论文摘要集 [C]. 1984. 26~ 27.
- [33] 秦俊法, 李增禧. 微量元素与高血压 1. 高血压病人的元素含量异常 [J]. 广东微量元素科学, 2003, 10 (7): 9~ 28.
- [34] 罗劲, 白秀梅, 张瓌, 等. 正常妊娠与妊高征患者血清中 8 种必需微量元素水平的研究 [J]. 广东微量元素科学, 1996, 3 (11): 59~ 62.
- [35] 赵德山, 主编. 微量元素与心脑血管疾病 [M]. 哈尔滨: 黑龙江科学技术出版社, 1995.
- [36] 陈祥友. 元素医学食疗研究文集 [M]. 香港: 新闻出版社, 1997. 173~ 201.
- [37] 洪嘉铭, 李增禧. 帕金森氏病与头发微量元素关系研究 [J]. 广东微量元素科学, 1997, 4 (6): 51~ 54.
- [38] 赵凤泽, 沈刚哲, 姜英子. 中药微量元素的研究近况与展望 [J]. 广东微量元素科学, 2002, 9 (3): 24~ 30.
- [39] 朱梅年. 名贵地道药材的生物地球化学特征及微量元素研究 [J]. 微量元素, 1990, 7 (3): 35~ 41.
- [40] 管竞环, 李恩宽, 代行信, 等. 无机元素在植物类中药中分布规律的研究 [J]. 微量元素与健康研究, 1994, 11 (3): 30~ 33.
- [41] 管竞环, 汤学军, 薛莎. 植物类中药微量元素含量区间尺的制定和意义 [J]. 微量元素与健康研究, 1995, 12 (2): 22~ 25.
- [42] 陈和利, 于耀青, 孙龙川, 等. 100 种生药中 15 种无机元素含量关系的研究 [J]. 微量元素与健康研究, 1995, 12 (4): 32~ 33.
- [43] 余南才, 谭照华, 管竞环, 等. 42 味植物药炮制与无机元素相关性的研究 [J]. 微量元素与健康研究,

- 1996, 13 (3): 28~30.
- [44] 孙静均, 李舜贤. 中国矿物药研究 [M]. 济南: 山东科学技术出版社, 1992. 31~314.
- [45] 祁俊生, 徐辉碧, 周井炎, 等. 植物类中药微量元素的因子分析和聚类分析 [J]. 分析化学, 1998, 26 (11): 1309~1314.
- [46] 王开发. 花粉的常量元素和微量元素研究进展 [J]. 世界元素医学, 2001, 8 (3): 23~26.
- [47] 刘沛生, 沈凯, 刘浩, 等. 中国百岁老人健康状况的研究 [J]. 老年医学与保健, 2003, 9 (2): 118~121.
- [48] 邱洪晨, 谭雪英, 刘漪, 等. 维吾尔族百岁老人头发中微量元素分析 [J]. 微量元素与健康研究, 1999, 16 (4): 51~53.
- [49] 陈艳兰, 董光平, 王光灿, 等. 云南省白族长寿地区 80~97 岁老人头发中 10 种元素含量分析 [J]. 广东微量元素科学, 2001, 8 (3): 25~27.
- [50] 刘永裂, 袁彬, 刘沛生, 等. 复合微量元素对果蝇生长发育及寿命影响的实验研究 [J]. 中华医学杂志, 1999, 23 (3): 98~100.
- [51] 纪云晶, 栗建林. 我国稀土某些生物学效应的研究概况 [J]. 卫生毒理学杂志, 2000, 14 (1): 23~28.
- [52] 黎丹戎, 凌鸿英. 羧甲基锗倍半氧化物 (Ge-132) 抗移植瘤实验 [A]. 见: 全国第三届锗研讨会论文集 [C]. 1995. 124~127.
- [53] 白明彰, 孙丽娟, 林建成. 有机锗及其生理医疗作用 [M]. 台北: 华香园出版社, 1997. 63~81.
- [54] 李广元, 田东萍. 微量元素镓治疗癌症和骨病的基础与临床 [M]. 西安: 陕西科学技术出版社, 2002. 40~64.
- [55] 裘凌沧. 内外环境元素平衡是协调人和自然关系、解决元素与健康问题的一个重要环节 [J]. 广东微量元素科学, 1996, 3 (6): 1~10.
- [56] 陈祥友. 陈祥友和元素医学食疗 [M]. 香港: 新闻出版社, 2000. 264~267.
- [57] 何一哲, 宁军芬. 利用高铁、锌小麦 / 秦黑 1 号 0 开发系列功能食品、生物药品 [J]. 世界元素医学, 2001, 8 (4): 73~75.
- [58] 陶健婷, 徐剑辉, 林长清. 中国外销普通型营养平衡米及其配膳的微量元素平衡研究 [J]. 广东微量元素科学, 2001, 8 (2): 60~64.
- [59] 张甲生, 陈祥友, 孙嘉淮, 等. 毫乐系列食疗产品的营养成分 [J]. 世界元素医学, 1997, 4 (3): 41~44.
- [60] 邵建华, 黄彬, 秦征, 等. 农作物微量元素缺乏的诊断及防治 [J]. 广东微量元素科学, 2001, 8 (6): 1~14.
- [61] 朱卷才. 我国碘缺乏病防治中存在的一些问题与对策 [J]. 地方病通报, 1997, 12 (5): 57~60.
- [62] 凌中鑫, 印天寿, 张士伟, 等. 锌肥的增产、增质、增锌、补锌及拮抗铅镉的作用 [J]. 世界元素医学, 2003, 10 (4): 28~38.
- [63] 武伦福, 简华强, 李允中, 等. 富硅微量元素肥料的应用研究 [J]. 广东微量元素科学, 1999, 6 (12): 55~59.
- [64] 5 中国环境保护 6 编辑部. 中国环境保护 [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2000. 1~77.
- [65] 王起超, 沈文国, 麻仕伟. 中国燃煤汞排放量估算 [J]. 中国环境科学, 1999, 19 (4): 318~321.
- [66] 秦俊法, 汪勇先, 李增禧, 等. 头发诊断铅中毒 [J]. 世界元素医学, 2002, 9 (2): 7~16.
- [67] 沈晓明. 儿童铅中毒研究十年回顾 [J]. 广东微量元素科学, 2001, 8 (10): 1~5.
- [68] 汪再娟, 孔庆瑚, 金峰, 等. 环境镉接触人群肾脏损害程度 [J]. 世界元素医学, 2004, 11 (2): 61~72.
- [69] 付京秋, 胡英华, 白铁昕, 等. 银汞充填对口腔科医生健康影响的调查 [J]. 世界元素医学, 2003, 10 (4): 61~63.
- [70] 侯铁宁, 关铭, 辛伟红, 等. 松花江水系污染江段甲基汞吸收对渔民健康影响的临床调查与分析 [J]. 江西医学院学报, 1993, 33 (3): 187~190.
- [71] 朱为方, 徐素琴, 张辉, 等. 稀土区儿童智商调查研究 [J]. 科学通报, 1996, 41 (10): 914~916.

- [72] 陈祥友. 头发分析与疾病诊断 [J]. 世界元素医学, 2000, 7 (1): 1~ 5.
- [73] 李文广. 硒预防原发性肝癌的研究进展 [J]. 广东微量元素科学, 1995, 2 (7): 1~ 3.
- [74] 陈祥友, 孙嘉淮, 陈岳, 等. 元素平衡医学食疗和艾滋病防治 [J]. 世界元素医学, 2003, 10 (1): 1~ 10.
- [75] 钟炳南. 食物链微量元素平衡失调严重危害人类健康 [J]. 广东微量元素科学, 2004, 11 (1): 67.
- [76] 李光辉. 动物微量元素性疾病研究的回顾与展望 [J]. 世界元素医学, 2004, 11 (2): 3~ 8.
- [77] 杨玉爱, 叶正钱. 微量元素营养生态学的研究与发展 [J]. 世界元素医学, 2000, 7 (1): 8~ 10.
- [78] 金日光. 饮用水安全与民族生存健康 [R]. 全国政协人口资源环境委员会, 2000.
- [79] 曹治权, 主编. 微量元素与中医药 [M]. 北京: 中国中医药出版社, 1993.
- [80] 利锋. 镉污染土壤的植物修复 [J]. 广东微量元素科学, 2004, 11 (8): 22~ 25.
- [81] 谭见安, 主编. 地球环境与健康 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2004. 185~ 257.
- [82] 方如康, 戴嘉卿, 主编. 中国医学地理学 [M]. 上海: 华东师范大学出版社, 1993.

Chinese Trace Elements Research in the Past Twenty Years

QIN Jun- fa¹, LI Zeng- xi²

(1. Shanghai Institute of Applied Physics, Chinese Science Academy, Shanghai 201800, China;

2. Chinese National Analysis Centre of Guangzhou, Guangzhou 510070, China)

Abstract: A review with 82 references is given on the advance in Chinese trace elements study in the past twenty years including current situation, significances, problems and countermeasure.

In current research situation, there are: surrounding and human being, distribution in body, metabolism and diseases, health and longevity, experiment and biological action, healthy food and edible product.

In the significance, there are: nation key problems, assurance of health and longevity, new science.

In the problems, there are: limited in recognition of the organisms habits and surrounding inside and outside of human being, neglect the action of trace element in edible water, incomparity of documents and disperse in construction.

In the suggestions, there are: found a national committee of trace element, found a standard of analyzing hair, found the library of Chinese body and diet, etc.

Key words: Chinese trace elements research; current situation; significances; problem; countermeasure