

10省防治儿童缺铁性贫血 培训班讲义

中国预防医学科学院
营养与食品卫生研究所
一九九零年十二月

3.2

人体铁缺乏研究进展

中国预防医学科学院营养与食品卫生研究所

陈学存

一、人群铁缺乏流行病学调查

1. 儿 童

厄瓜多尔的小儿贫血患病率以6~11月龄的为最高(69%), 12~23月龄次之(46%); 城乡差别显著, 分别为18%与28%; 男女分别为2.5%与19%。阿根廷学者对Buenos地区561名出生后9~24个月截后小儿进行了膳食调查, 其中484名(81%)作了体格测量, 384名(64%)作了血液学检查。结果发现铁的摄入量有93%达不到供给量标准, 每人每日平均摄入铁 $5.6 \pm 3.5\text{mg}$, 膳食中可利用的铁估计为 $0.5 \pm 0.4\text{mg}/\text{日}$ 。贫血($\text{Hb} < 11\text{g}/100\text{ml}$)患病率为46.6%, $\text{FEF} > 100\mu\text{g}/\text{dl}$ RBC为57.1%, $\text{SF} < 12\mu\text{g}/\text{L}$ 为60.2%, SF 平均为 $7.5(2.2 \sim 23.9)\mu\text{g}/\text{L}$ 。有两个以上指标($\text{FEF} > 100\mu\text{g}/\text{dl}$ RBC, $\text{SF} < 10\mu\text{g}/\text{L}$, $\text{MCV} < 73\text{fL}$)不正常者为46.1%。对所有贫血小儿口服铁剂 $3\text{mg}/\text{kg}$ 体重/日, 在一个月后复查有78%小儿血红蛋白升高 $> 0.6\text{g}/\text{dl}$, 平均升高 $1.8 \pm 1.0\text{g}/\text{dl}$ 。经过多元回归分析, 结果发现贫血与下列因素有明显相关: 年龄、出生体重、标准化身长、母亲教育、母乳喂养

期长短、铁的补充、牛奶摄入量以及血红素铁的进食量。Calvo 在阿根廷的 Misiones 省对全省儿童按 1/67 抽样检查, 对其中 399 名 9~24 个月小儿进行了包括营养史、膳食调查、体测、贫血及钩虫感染的调查。结果发现所有的小儿铁摄入量均低于 RDA 根据 Munsen 公式计算, 每日平均实际摄入可利用铁只有 0.3mg Hb<11g/dl 者占 55%, SF<12 μ g/L 者占 56.3%; 钩虫感染率在都市为 0.6%, 农村为 4.1%。贫血与家庭经济状况有关, 高收入者患病率为 36.8%, 而低收入者为 62.4%, 年龄小的患病率高, 例如 9~11 月龄患病率为 71.4%, 21~24 月龄为 42.4%。按此推算, 全省约有 16400 名 9~24 月龄的小儿患贫血, 因此应对高危人群进行补充铁的防治。

Monteiro 等在巴西圣保市对 812 名 5 岁以下儿童进行了有关贫血的调查, 结果发现 Hb<11g/100ml 者占 35.6%, 而中度贫血者 (Hb<9.5g/100ml) 占 14.7%, 患病率最高的阶段为 6~24 月龄, 其中有一半为重症。家庭经济状况好者患病率低些, 但不能幸免, 若与 70 年代相比, 患病率有所增加, 总的增加 56%, 而重症增加 100%。主要原因不是由于肠寄生虫的影响, 而是由于膳食不当。因此已于 1989 年制订了一个补充铁的预防方案。

2. 妇女:

Calvo 对阿根廷既往的妇女不同贫血患病率 (7.8~40.7%) 抱有怀疑, 因此亲自对 Buenos Aires 近郊区 184 名 16~44

岁妇女进行了调查, 结果贫血($Hb < 12g/dl$)为27.7%, 有两个以上评价铁营养状况指标($SF < 12\mu g/L$, $FEP > 70\mu g/dl$, $MCV < 80fL$)不正常者占21.4%, 其中 $SF < 12\mu g/dl$ 者占35.3%, $FEP > 70\mu g/dl$ 者占42.3%, $MCV < 80fL$ 者占9.7%, 高危因素为多产(5胎以上)与低经济收入。

Fleming对尼日利亚的孕妇进行了三个实验, 第一个是对195名孕妇做贫血($Hb < 11g/dl$)和铁缺乏(有两个以上指标 $TS < 20\%$, $FEP > 70\mu g/dl$, $SF < 20\mu g/L$ 调查, 结果发现贫血患病率为47%(37%~52%)。贫血患病率与胎次有关, 第一胎为52%, 第二胎至第五胎为48%, 第六胎以上为40%, 作者认为这可能与疟疾有关, 可是缺铁的患病率则随胎次而增加, 分别为18%、29%与35%。第二个实验是确定初产妇贫血的原因。贫血患病率为43%, 其中40%为疟疾患者, 25%为缺铁, 7%为叶酸缺乏。第三个实验发现抗疟疾治疗后疟原虫阳性率由25%下降至2%, 严重贫血($PCV < 0.26$)由18%降至3%, 巨细胞性红细胞生成由50%降至25%, 产后贫血($Hb < 12g/dl$)由61%降至29%, 补充铁剂使产后贫血由39%降至18%。治疗失败的原因是由于患者不合作所致。最后作者建议对这种孕妇应在给以氯奎治疗的基础上再补充铁剂和叶酸。

Krawinkel对121名苏丹青年妇女及其新生儿的贫血与铁营养状况进行了研究。妇女平均年龄为26岁, 新生儿平均出生体重为3200g, 身长为50cm, 母血 $Hb < 11g/dl$ 者占35.5%

但运铁蛋白饱和度 $<16\%$ 者占 85% ，而铁蛋白低于 $25\mu\text{g/L}$ 者占 43.7% 。运铁蛋白饱和度低的原因，一部分是由于在孕晚期运铁蛋白含量高(429.5mg/dl)，有 60% 的母血中C反应蛋白(CRP)为阴性。在新生儿的脐血中 $\text{Hb}<14\text{g/dl}$ 者占 52.1% ， $\text{Hct(PCV)}<0.51$ 者占 65.8% ， $\text{SF}<25\mu\text{g/L}$ 者占 10% ， $\text{TS}<30\%$ 者占 41.5% ，CRP阴性者占 97% 。根据测定结果，作者认为苏丹妇女只有 18% 为铁营养足够，而 44% 为铁缺乏， 29% 为铁缺乏加炎症， 9% 为炎症。

Lenti 报告了巴西亚马逊河流域8个村庄75名孕妇和乳母的铁营养状况。结果发现她们每日所摄入的铁为 $15\sim22\text{mg}$ ，其中有 98% 孕妇和 97% 乳母低于RDA标准(18mg)；她们的叶酸摄入量为 $0\sim120\mu\text{g/日}$ ，比孕妇的RDA($800\mu\text{g}$)和乳母的RDA($500\mu\text{g}$)都低了许多。 95% 孕妇和 89% 乳母的Hb值在 $9.1\sim12.0$ 和 $12.1\sim15.0\text{g/100ml}$ 之间； 53% 孕妇和 55% 乳母的Hct在 $36\sim40\%$ 之间； 90% 孕妇和 85.5% 乳母MCHC在 $29\sim33\%$ 与 $34\sim48\%$ 之间。若按早孕、晚孕和早乳三阶段来分，则Hb分别为 12.5g/dl 、 11.3g/dl 和 12.9g/dl ；Hct为 38% 、 34.4% 和 39.9% ；MCHC为 32.8% 、 32.8% 和 32.3% 。

Trugo 报告了88名巴西城市低收入妇女的铁营养状况，从产后1至280天静脉取血，结果发现 16.9% 的母亲和 22.9% 的婴儿 $\text{Hb}<12\text{g/dl}$ ；母血铁含量 $<50\mu\text{g/dl}$ 者占 22.5% ； $\text{SF}<12$

$\mu\text{g/L}$ 者母亲占9.5% 婴儿占8.5%。

Adalberto 等在意大利 Umbrido 市进行了孕妇从第7~13孕周开始至产后6个月的跟踪观察13个月, 结果发现若以 $\text{SF} < 12\mu\text{g/L}$ 为指标, 则在孕中期至分娩时有25%缺乏, 孕晚期则有50%缺乏; 若以 $\text{TS} < 16$ 为指标, 则从孕中期至分娩有50%缺乏, $\text{Hb} < 11\text{g/dl}$ 者占孕中期至分娩有10%。

3. 老人:

有人认为老年人随着年龄增长, 其中 Hb 、 Ht 、 RBC 也下降因此成人的正常值不能用于老人, 故 Craviofo 等对墨西哥城60~90岁散居老人进行了研究。结果发现年龄与血中总铁含量、 Hb 及血细胞无相关, 因此认为也可以用墨西哥城成年人的正常值作为评价老年人的指标。另对201名敬老院的老人, 测定了血液中总铁含量、总铁结合力、 Hb 、 Ht 、 RBC 、网织红细胞、铁蛋白、叶酸和维生素 B_{12} 。结果发现虽然缺铁性贫血的患病率在男性为14%女性为6%, 但缺铁的患病率以女性为明显, 占1/4, 而男性为1/6。

据以色列的 Palti 报告, 由于生活水平的提高以及对孕妇和婴儿预防措施的加强, 居民贫血患病率有所下降, 孕妇 $\text{Hb} < 10\text{g/dl}$ 的患病率由60年代的40%下降至80年代的10%, 最近发现婴幼儿由于服用铁剂和食用铁强化的配方奶以后, 缺铁性贫血的发生率也有降低, 但是仍有45%的婴儿 $\text{Hb} < 11\text{g/dl}$, 15%婴儿 $\text{Hb} < 10\text{g/dl}$ 。另外也发现老年人患缺铁性贫血者较多, 男性为18%

女为 29%。由此可见，在经济相当发达的以色列，缺铁性贫血仍是一个公共卫生的问题，因此有必要采取对策来保证铁的摄入。

二、评价人群铁营养状况新方法

COOK 在会议上作了专题报告，认为在过去一个世纪中，有关人群缺铁的检测方法有了重大进展，其中尤以用铁蛋白的指标来测定人体铁的贮存最为重要，因为贫血患者只要铁蛋白含量低于 $12 \mu\text{g/dl}$ ，即确定为明确的铁缺乏；但是铁蛋白含量正常不能排除铁缺乏的同时伴有感染或其他慢性疾病。为了判断缺铁的严重程度还需要增加其它实验室的检查。运铁蛋白饱和度可用于筛选组织铁供给的减少，但其灵敏度与特异性较低。由于红细胞的生成需要不断的铁供应，所以测定缺铁性红细胞生成素的方法对判断铁营养状况是有用的。红细胞原卟啉和 MCV 的测定也很可靠，但它们不能区分铁缺乏和慢性疾病的贫血。他们根据实验室的经验认为，血清运铁蛋白受体的测定是判断细胞铁需要的可靠指标。近年来另一重要的进展，是结合实验室测定的结果，来评价个人的铁营养状况。例如血清铁蛋白的测定，可用于观察铁不缺乏病人其铁贮存的情况而血红蛋白含量可用于贫血患者以检测其功能铁的不足。在两者之间，血清运铁蛋白受体的测定，则是提供可靠的轻度功能铁缺乏的指标，这是过去的测定方法所难以完成的。美国叶雷博士建议用红细胞原卟啉 (FEP) 的测定来作为人群缺铁的筛选，尤其是近年来手提式血液荧光计的方法更为简便。他曾利用美国第二次全国健

康与营养调查的原始资料统计了血红蛋白、血球压积与FEP测定的结果，然后与低TS和低MCV的结果相比较，最后发现FEP与缺铁的符合率最高，Hb次之，Hct最差，因此FEP是筛选贫血的最好工具。他还介绍了一种瑞典产的手提式血红蛋白光电测定仪，该仪器在现场使用非常方便。西德Hansen等曾用稳定性同位素 ^{55}Fe ，对18名男性成人进行了铁制剂生物利用率的测定，用于治疗的结果满意，并认为也可用于食物和膳食中铁生物利用率的测定。

美国Dellman教授发现炎症是美国人民发生贫血的一个原因，他也利用了营养调查资料，以红细胞沉淀速度(ESR)作为炎症指标，以FE/TIBC作为铁营养的指标。结果发现人群贫血的患病率以幼儿、青年妇女以及老人为最高，而铁缺乏(低于FE/TIBC)在贫血的儿童和妇女常见，在贫血老人则少见，与之相反，炎症(高ESR)在贫血老人最常见。因此他认为在鉴别贫血原因时，ESR的测定是有用的。瑞士Freire教授于拉美厄瓜多尔全国营养调查时，利用对1600名儿童所收集的血样，进行了炎症感染(C反应蛋白 $<12\text{mg/L}$ 和 $\alpha-1$ 酸性糖蛋白 $<1.4\text{g/L}$)和缺铁性贫血($\text{Hb}<110\text{g/L}$ ， $\text{ZPP}>2.8\mu\text{g/gHb}$ ， $\text{TS}<12\%$ ， $\text{SF}<12\mu\text{g/L}$)关系的研究。结果发现有12.5%儿童有炎症或感染，贫血($\text{Hb}<110\text{g/L}$)在无炎症或感染组为16%，而有炎症或感染组为31%；而异常ZPP、TS和SF在炎症感染组分别为40%、60%和40%，在无炎症感染组分别为32%、22%和27%

两组差别非常显著。英国 Cavill 教授指出,测定慢性病患者的铁贮存很困难,尤其是在慢性感染患者。因此他提出了一个算法,若 $[240 - (Hb \times 20)]$ 等于或大于血清铁蛋白数值,则需要铁的治疗,直至 Hb 到达 $12 g/dl$ 为止。智利 Olivares 教授利用麻疹疫苗注射 93 名 1 岁儿童作为病毒感染的模型,然后在 0 和连续两天 (4~21 天, 9~14 天或 9~30 天) 进行血液学检查。结果发现在注射后 8 天左右有 72% 的儿童发热; 第 9 天 Hb 平均降低 $0.3 g/dl$ ($P < 0.001$), 有 8.7% Hb 下降 $> 1 g/dl$ 有 24.3% 下降 $> 0.6 g/dl$; 第 4 天血清铁下降 $8.9 \mu g/dl$ ($P < 0.01$), TS 下降 2.3% ($P < 0.005$), 至第 30 天恢复正常; MCV、TIBC、FEP 则无明显改变。他最后认为轻度病毒感染至少在发热一周以后能够使 Hb 下降,其他铁指标测定则改变得更早,一直到 20 天。因此在三周之内如有轻度感染,则实验室检查所得铁营养状况结果是 不可靠的。

美国 Huebers 教授报告了新近发展的血浆运铁蛋白受体的测定方法,可用于临床诊断、膳食评定和个人铁需量的估价。其原理是身体组织中铁的供应是通过血浆中携带铁的运铁蛋白和组织中运铁蛋白受体之间的互相作用实现的。每个细胞运铁蛋白受体的数量多少可反映其对铁需要的程度。因此体内运铁蛋白受体的总量可认为是组织中铁总需要量,必须由食物供应通过胃肠道的吸收而得到。他认为完整的人体血浆运铁蛋白受体与运铁蛋白络合在一起,用凝胶电泳或凝胶过滤都找不到受体的断片。这种络合物的作用与分离

的胎盘受体络合物相似。他用酶联多克隆抗体免疫法来测定血浆中运铁蛋白受体的数量，并以提纯的胎盘运铁蛋白受体络合物作为标准。由于这两种受体性质相似，所以能够在酶联免疫测定方法（ELISA）中用胎盘运铁蛋白受体络合物作为标准。他对正常人测定所得的平均值为 5710ng/L ，而铁缺乏患者的范围很大为 $7750\sim 35660\text{ng/L}$ 。数值最高者为三名血球压积低于 15% 的病人，而特发性色素沉着症患者的数值则在正常范围之内。溶血性贫血患者运铁蛋白受体增高，而再生障碍性贫血患者的数值则下降，这提示在细胞膜受体与血浆受体之间有恒定的关系。他们用红细胞生成铁动力学的测定方法与本法进行比较，结果发现两者相关显著（ $r=0.86$ ），但是在铁缺乏的情况下，运铁蛋白受体含量增加非常明显。这些研究表明，血浆运铁蛋白受体与组织运铁蛋白受体之间有恒定的关系，而受体的数量多少大体上可以反映红细胞生成的速度，即使是轻度的缺铁，用本法也能够测出。

三、人体铁吸收利用及影响铁平衡的因素

1. 食物的影响

瑞典 Hallberg 教授着重介绍了他们实验室最新的发现，主要是影响非血红素铁吸收的膳食因素。①酚的化合物：已经有一种方法能精确测出抑制食物中非血红素铁吸收的主要酚结构。香料、蔬菜和某些饮料中酚的含量与抑制铁吸收程度之间的关系待发表。②植酸：植酸抑制非血红素铁的吸收且有高度的剂量关系。即使是摄入高植酸多年的人，如素食者，其肠道也无适应能力，植酸也照

常抑制铁的吸收。麦麸加热去除植酸酶后抑制铁吸收的程度与不加热的同样。抗坏血酸可以消除植酸对铁吸收的抑制作用，而肉的消除作用不如抗坏血酸那么显著。③钙：精白面粉中添加钙数量的多少，与降低其铁的吸收率呈高度的剂量相关。部分是由于有钙存在的条件下，进行发酵与烘烤面包时面粉中的植酸不能被分解的原因。随着钙添加量的增加（由40至600mg），面包中的铁吸收程度也逐步下降，这就有力地表明钙有直接抑制铁吸收的作用。钙也能抑制血红素铁的吸收，提示铁与钙在肠粘膜运输铁时可能有竞争作用。④发酵蔬菜（有机酸）：有些有机酸能够促进铁的吸收，很早就发现用酸（发酵）白菜就餐可使膳食中铁吸收率大为增加，酸白菜对非血红素铁的吸收有显著的促进作用。

智利的Walter等为研究不同牛奶配方对婴儿胃肠道失血的影响，应用一种新的荧光定量法来测定粪便中的血红素。受试者为40名2~9月龄健康婴儿，分成4组：①牛奶粉组；②母乳化配方奶组；③黄豆配方奶组；④巴氏消毒新鲜牛奶组。观察10天，在最后3天收集72小时粪便，测定其中血红蛋白含量。结果发现吃鲜奶与奶粉组的粪便量多，吃鲜奶、奶粉、母乳化配方奶和黄豆配方奶的失血量（ml/天）分别为0.09 0.08 0.03和0.04（ $P < 0.001$ ）。吃鲜奶组的失血明显高于其他各组。作者认为至少小于9月龄的婴儿吃新鲜牛奶能够增加胃肠道的失血，牛奶粉比母乳化配方奶或黄豆配方奶能引起更多的失血。

尼日利亚Latunde-dada用体外消化的方法研究了当地居民的主食对不同形式铁剂吸收的影响，结果如表1。

表 1. 强化同剂量的各种铁盐后主食的离子化铁含量 (mg/100g)

主食名称	未 加	硫酸亚铁	延胡索酸亚铁	葡萄糖酸亚铁	正磷酸铁
玉 米	3.50±0.14	5.97±0.13	8.37±0.48	5.6±0.27	4.92±0.79
山 药	1.06±0.09	5.35±0.11	6.80±0.26	4.87±0.20	4.47±0.27
木 薯	2.10±0.11	5.74±0.11	8.33±0.13	4.90±0.11	3.83±0.21
大 蕉	5.14±0.26	7.09±0.67	9.37±0.14	6.11±0.12	5.33±0.16

作者发现,在这种强化铁盐的主食中加以抗坏血酸(10~50 mg/100 g)可以提高其中铁的化学有效性,加入鸡蛋蛋白质和瘦肉也可以促进铁离子化,而加入酪蛋白则有相反的作用。

2. 营养素的影响

英国的 Powers 等用大鼠进行核黄素营养状况与铁吸收和运转关系的研究。她选择5周龄雌鼠分为两组,其中一组在饲养中补充核黄素,用限制饲料的方法来控制两组动物的体重,动物在给以含有 ^{55}Fe 的试验饲料以后,用全身 γ -计数器检测14天,每天收集大便测定 ^{55}Fe 。动物在实验结束处死,测定组织中总铁和 ^{55}Fe 的分布,在给试验饲料前一天和处死时测定其核黄素营养状况。结果发现补充核黄素组动物所吸收的铁($52.2 \pm 1.8\%$)明显高于不补充组($43.0 \pm 2.1\%$);而后者每天所丢的 ^{55}Fe (0.72 ± 0.08)也高于前者(0.41 ± 0.06)。吸收主要是通过胃肠道的途径。由于不补充核黄素组动物小肠中所保留的 ^{55}Fe (2.0%)高于补充组(1.62%),以及两组所丢失铁的不同,提示补充核黄素的动物,可能有较低的肠粘膜细胞转换率;不补充核黄素动物所以铁丢失的多,可能是由于核黄素缺乏引起细胞脆性增加的结果。

瑞士 Hurrell 等在报告中指出,母乳中的铁比婴儿配方中所含的铁容易为人体吸收。因此他们在成人体中进行了牛奶酪蛋白、乳清蛋白、以及黄豆分离蛋白对铁吸收的影响的实验。试验餐的配方为将30g不同的蛋白质,加进含有35 g 玉米油、67 g 水解玉米淀粉和12ml 香草素的200ml 水中。每一位受试者吃三次这种试

验餐和一次鸡蛋蛋白参考试验餐。试验餐是用 ^{55}Fe 或 ^{59}Fe 标志,然后测定其与鸡蛋蛋白相比的吸收结果〔相对吸收率(RA)=100〕鸡蛋蛋白铁的平均吸收率为2.5~6.7%;无蛋白试验餐的RA最高为353,所有蛋白质对铁的吸收都有抑制作用,黄豆分离蛋白RA为9,乳清蛋白为40,酪蛋白为55。若把蛋白质先加以水解,则可提高铁的吸收率2~20倍。同样,若把酪蛋白中的磷去除则可提高铁吸收率2倍,若把乳清蛋白中的钙和磷去除,则可提高铁3倍。若把黄豆分离蛋白中植酸含量由1.7%降至0.15%,则RA可由9提高到30。这些结果表明,抑制铁吸收的因子是奶酪蛋白、乳清蛋白和黄豆蛋白中能被水解的物质。

3. 运动的影响

美国Nickerson等报告了成人运动员缺铁的发生率及其原因。在70天训练季节,41名长跑女运动员中有14名(34%)发生缺铁($\text{SF} < 12\text{ng/ml}$ 或 $\text{TS} < 16\%$),而25名男运动员中只有2名(8%)缺铁,其原因可能是由于胃肠道失血。在9名缺铁女运动员中有7人至少有一次以上粪便中 $\text{Hb} > 4.0\text{g}$,而11名不缺铁者只有2名($P=0.02$);在61名男性长跑运动员中只有1名粪便 $\text{Hb} > 4\text{g}$ 。有7名女运动员的肠道失血为间歇性的、在比赛的前后发生,其中3名失血最多,在30天中 Hb 下降0.5~1.5g/dl。另对74名篮球、游泳和网球女运动员也进行了相似的缺铁的研究。在全部4类女运动员中,在开始训练时缺铁患病率为9%,而不给铁治疗者在训练期间有23%缺铁。

日本陈氏等对6名跳高和20名长跑运动员进行了静止时血成分、铁的营养状况及与溶血有关酶的测定。结果发现在长跑运动员出现异常值而跳高运动员则无。长跑运动员的Hb和MOV低于正常,所患的贫血具有低血清铁和高铁蛋白的特点。由于结合珠蛋白含量和乳酸脱氢酶活性的降低,表明其有溶血现象。乳酸脱氢酶的酶谱分布为I型同工酶升高,而IV型和V型则明显低于正常。两组运动员的肌酐激酶活性高于正常,但跳高运动员高于长跑运动员54%。作者认为长跑运动员的贫血主要是由于溶血和铁缺乏所引起。

4. 其他因素的影响

Szarfarc和Monteiro在巴西圣堡罗市对268名5岁以下儿童进行了24小时膳食与贫血($Hb < 11g/dl$)检查。结果有88.1%的儿童每日铁的摄入量低于10mg,若以每日1mg生物效用铁作为适宜需要量,则缺乏者可达97%。全体儿童Hb平均值为11.5g/dl,而贫血患病率为36.2%,铁的摄入与贫血的患病率有明显的相关(与总铁摄入相关显著, $P=0.027$,与生物效用铁摄入相关显著, $P=0.036$)。下列因素可能与贫血有关:母乳喂养时间短,牛奶摄入量多,加肉、豆、绿叶蔬菜的时间晚。在6~24月龄儿童(贫血患病率为58%),患贫血与不患贫血两组儿童的铁摄入有明显差别,膳食总铁两组分别为4.41mg与7.28mg,生物可利用铁分别为0.18mg与0.39mg。

巴西的Colli对圣堡罗省居民膳食中的铁含量及其生物利用率进行了评价。用AOAC方法测定膳食中化学成分以及血红素铁

和非血红素铁的含量, 分别用 Miller 氏体外消化法 (Am J Clin Nutr 34: 2248, 1981)、比色法和放射法测定离子化铁的百分数。血红素铁的生物利用率按 Monsen 氏方法 (Am J Clin Nutr 31: 134, 1978) 计算为 23%。结果发现巴西居民每日摄入的总铁量为 15mg (血红素铁 14mg, 非血红素铁 1mg), 总热量为 1800Kcal。用比色法测得的离子化非血红素铁为 $4.2 \pm 0.4\%$, 用放射法测得为 $3.7 \pm 0.2\%$, 平均为 4%, 相当于生物可利用非血红素铁 0.6mg, 计算所得每日摄入的生物可利用血红素为 0.2mg。因此每日吸收的可利用铁总量为 0.8mg, 按热量计则为 $0.44\text{mg}/1000\text{Kcal}$ 。这个结果与 Acosta 用体内法 (Am J Clin Nutr 39: 953, 1984) 测定所得的结果相符, 故认为体外法可用于测定膳食中铁的生物利用率。

西德的 Kaltwasser 用 50 名男性志愿者进行失血至铁缺乏 (铁蛋白 $< 10\mu\text{g}/\text{l}$) 与贫血 ($90 < \text{Hb} < 110\text{g}/\text{l}$) 然后口服 ^{55}Fe (III) 多聚麦芽糖复合液 (Polymaltose Complex), 硫酸亚铁片和葡萄糖酸亚铁片进行铁生物利用率与治疗效果的观察。结果发现 ^{55}Fe (III) 多聚麦芽糖复合液与 ^{55}Fe (II) 抗坏血酸液在肠道的吸收率有明显的差别, 分别为 $1.2 \pm 0.1\%$ 与 $43.7 \pm 7.1\%$ ($\bar{X} \pm \text{SD}$), 而硫酸亚铁与抗坏血酸亚铁对血清铁的升高作用差别不大, 葡萄糖酸亚铁与硫酸亚铁的生物利用率差别也不显著。最后作者认为各种铁制剂的治疗效果不同, 主要是由于实验状况的差异。

而不是由于生物利用率的不同。比利时 Sartor 与 Rondia 测定了铅污染危险地区（居民饮用铅水管的软自来水）204 名健康儿童的血铅、Hb、Ht、FEP。通过分析结果，作者认为铅主要是与 HHb 结合，因此在确定缺铁性红细胞生成时，不能单独根据 FEP 而不做血铅的测定。

四、铁缺乏对健康的影响

加拿大 Chandra 报告表明，最近 16 年的研究证实营养不良可以导致宿主免疫功能的改变。因为铁是机体代谢过程中一些重要酶保持适宜活性所必需的物质，所以铁缺乏可引起一些细胞和器官，包括淋巴细胞和吞噬细胞功能的障碍。已经证实膳食铁缺乏可使 T 淋巴细胞轻度减少，对促细胞分裂剂和抗原的反应呈严重障碍，使细胞分裂素类（例如干扰素）的产生和释放减少，以及使中性白细胞杀菌能力降低。文献上所存在的混乱，大多是由于实验设计不佳，对数据的解释不当，以及把动物实验的结果外推到人身上。

印尼的 Husaini 等对 235 名采茶女工进行了铁缺乏对体力、产量及患病率影响的研究。血液学检查包括 Hb、SE、FEP、TS，用蹬车试验测体力，用每月的采茶量测产量，患病率则由家访（每周 3 次共 6 周）来计算。结果发现缺铁可降低体力和产量，而补铁可明显促进体力、产量和降低疾病患病率。

美国叶雷报告铁缺乏与铅中毒之间的关系。他利用 1976～1980 年美国第二次营养调查的 1～5 岁儿童血铅含量与 TS 资料进行统计。结果，①家庭经济水平低的儿童缺铁与铅中毒都增多。