

头发微量元素分析的科学价值

钱琴芳 巢志渝



美国环保局也持同样意见，并在联合全球环境监测系统中把头发分析作为全球生物监测的重要指示器。

鉴于头发分析中这些因

以前的人体微量元素状况的检测，是通过体内某些组织和体液的测定来判断的。但这种方法的缺陷在于：采集复杂，保存与运输困难，样品受伦理、观念、时间、功能和组分元素互相转移等因素的限制。

80年代初，不少科学家从事头发的微量元素研究，为检测人体微量元素状况开辟了新途径。大家知道，头发是由蛋白质聚合成角朊构成的。在头发生长期，有许多微血管伸入发根中，发的基质细胞与血液、淋巴细胞外液、汗腺密切接触，促使头发不断生长。据介绍，头发中微量元素同人体储备间存在明显的正相关关系(图1)，取人发作为检测材料可以判断被测人几星期至几年中体内微量元素营养状况与代谢变化。同时，

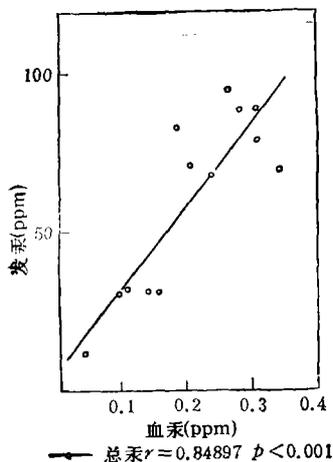


图1 人体血汞含量与发汞含量关系

大多数微量元素在头发中的含量，要比血、尿或其它易获的组织中高1个数量级。如锌、铬在发中含量比血中高2个数量级以上。由于这种分析方法容易，数据可靠，采样无创伤，受到病员的欢迎。

人们用眼睛观察健康头发，表面黑亮、光泽，但在高倍电子显微镜下观察，头发表面却排列着无数鳞片，其表层有较强的吸收功能，这是与头发的化学结构有关。头发角朊中含有一SH、—NH基团，发中这些基团易与外环境元素结合，一般的洗涤方法不能洗脱全部被头发吸收的外来微量元素，如用丙酮、去离子水只能洗去70%的在砷溶液中浸泡过的头发中的砷，即使用较强的碱性溶液KOH或NaOH洗涤，也只能洗去93%的外吸收的砷。洗发剂或降尘中微量元素也可直接污染头发，冷烫发的人发汞含量增加达数量级变化。因此，头发分析又是一种环境污染的监测器，国际原子能机构已选定头发作为环境污染的可靠指示器，

在实际应用检测人体微量元素状况时要谨慎、有科学性，首先头发分析所用的发样必须采用紧贴头皮新近长出的头发，并在颈枕部多处采样混合。在临床诊断时不能仅靠人发微量元素分析结果，还要排除外来因素影响。国内外现已发表了大量研究结果支持在临床实践中应用人发分析。苏联莫斯科一家医院甚至建立了5000个各种病人头发微量元素的数据库。我们用中子活化法和同步辐射X荧光法分析了头发微量元素，获得了一些有科学价值的结果。

中子活化分析是基于核反应的一种分析方法，该法是用一定能量和流强的中子轰击待测样品，然后测定由核反应生成的放射性核素衰变时放出的特征射线，根据这些特征射线的半衰期和强度与标准谱比较，从而实现元素的定性和定量分析。

同步辐射X射线荧光的基本原理是：用同步辐射照射待测样品，激发出其中各元素的特征X射线。用Si(Ci)探测器和能谱仪得到待测样品各元素的能谱。经软件分析并与相应标准参考物能谱比较而实现元素含量的定量分析。

一、儿童缺锌症治疗

近年来发现儿童缺锌症相当严重，仅以1985年7月到1987年1月到我们实验室要求测发锌的5千例病人中随机抽取1300例发锌值统计为例，其中39%的儿童发锌值在北京市正常值范围内(中国预防医学卫生研究所认为北京市正常值在110.7~200ppm之间)，有61%发锌值在此范围外，其中91%的儿童发锌值在110.7ppm以下。这和中国预防医学科学院调查19个省市学龄前儿童有69%发锌值低于正常值是一致的。经研究认为可用硫酸锌糖浆液进行补锌，现将22例较典型的缺锌儿童补锌前后健康状况及发锌含量变化为例，说明发锌含量可作为儿童体内缺锌状况一种检测指标。

这22例患儿，补锌前大多数用其它药物治疗效果不好，病情有以下几种情况：1.食欲不振、厌食(半年以上)；2.异食癖、嗜食非食物性异物，如纸、指甲、墙皮、煤渣等；3.复发性口腔溃疡，最短每月平均2次；4.经常感冒，且并发上呼吸道感染、气管炎、肺炎。

用中子活化法(NAA)分析了以上患儿治疗前后枕部头发中锌含量。治疗前患儿发锌值为 70.6 ± 24.4 ppm，服用0.2—0.5%硫酸锌糖浆后或硫酸锌片1—3个月(少数6个月)后，发锌值普遍有了提高，到达正常值范围为 112.9 ± 56.6 ppm。

补锌后疗效统计：第一种食欲不振19例中有17

例补锌后食欲明显增加,第2种异食者8例中有7例治愈,第三种复发性口腔溃疡者4例全部痊愈,随访3—6个月均未复发,第四种经常感冒者4例中有效者3例。

对这类病人补锌疗效如此显著,可能因锌是唾液蛋白的基本成份,有两个锌离子被称为味觉素在品味方面有重要功能,因此缺锌易引起厌食、异食癖。

二、运动员缺铁性贫血研究中的应用

运动员铁营养状况不良以致于发生缺铁性贫血的情况较普遍,铁元素是人体内血红蛋白、肌红蛋白、细胞呼吸酶及能量代谢酶的组成成分,铁摄取不足会导致运动中过量乳酸产生,使人的体力活动、工作量、学习、行为表现以及对感染的抵抗与免疫能力受到影响。因此缺铁对运动员运动能力的影响是很大的。研究运动员缺铁的原因及防治是很必要的。而 Brotherhood 等人认为运动员的缺铁是由于运动时体内温度升高,总血体积增加,红细胞没有相应增加,因此这不是真正的贫血,而是相对的。但我们用实验证实了运动员缺铁不是假象。

霍卓平测定了6名少年运动员在训练期和停训期

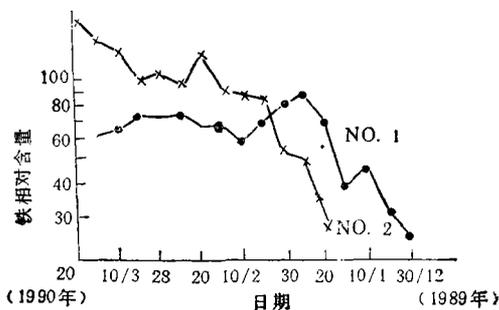


图2 两名运动员(NO. 1和NO. 2)头发生长不同时期内的铁相对含量

铁吸收率和体内铁平衡,实验结果表明运动员在训练期铁吸收率明显低于停训期,训练期运动员大量出汗,汗铁丢失严重,体内铁平衡近于零或负值,停训期是正平衡,即摄入铁量大于排出铁量。我们用同步辐射X荧光分析测定了运动员头发生长几个月内发铁含量(见图2),经调查发现发铁含量变化与运动员运动情况有关。

以上实验可以看出运动员在训练期不但铁吸收率下降,铁平衡处于零或负平衡,其它器官的铁代谢也增加。因此,及时给运动员补铁是相当重要的。

加州海湾地区联合实验室主任维克托·康特得到25种元素具有临床意义的数据。现在,用分析结果来指导运动员调整和补充体内矿物质含量的方法已得到一些奥运会级运动员、教练员及职业运动员的积极肯定。

越来越多的体育科技工作者和教练员认为,应定

期检查运动员体内矿物质的含量,酌情调整膳食,必要时还应在医生的指导下服用相应的矿物质补剂,这是提高竞技能力最新的尖端医学手段之一。

为了解给运动员补铁剂的生物利用率,我们用同步辐射X荧光法测定13名运动员补铁3个月发铁含量,13名运动员共分3组,A(未补铁)、B和C组(分别每日补8和16毫克葡萄糖酸亚铁),测定结果见图3,B和C组运动员在补铁期发铁含量变化明显大于A组,由此推测发铁含量有可能可以作为运动员体内铁水平的一种检测指标,这种分析方法较测血为好,一是可以观察运动员一段时间内体内铁状态变化,不用常抽血,二是对运动员无损害,只需拔几根头发。

三、法学中的应用

头发中微量元素含量受环境、饮食等因素影响,例如生产磁带车间的工人头发中钴、镍等含量较非职业

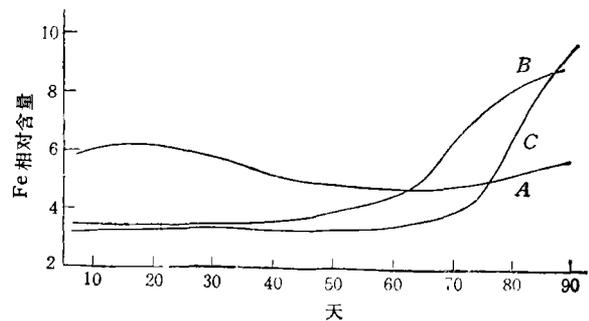


图3 补铁期间发中铁相对含量变化

人员高几个数量级,从事冲洗胶卷职业人员发中溴含量高。每个人饮食习惯、生物利用率不同,发中微量元素含量因人而异,因此,发中微量元素分析曾用于法学中。

现在我国同步辐射X荧光分析已能投入使用,在法学鉴定中更有用武之地。通常作案现场只能留下一至数根头发,而一般分析方法包括较灵敏的中子活化分析由于样品量太少而难以给出准确数据,而同步辐射X荧光分析不仅是不破坏样品分析,而且适合1根头发分析,并能给出发中多种微量元素含量的动态变化。

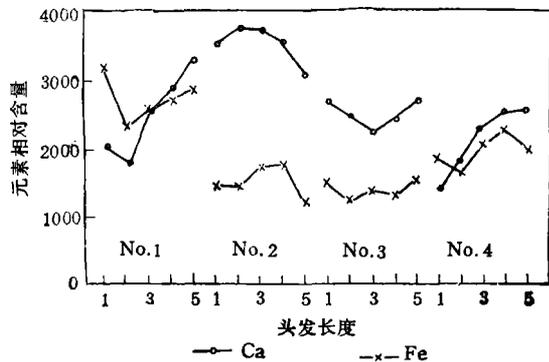


图4 4个人发中元素含量变化

如何让学生深刻理解熵的概念

廊坊师专 王忠安 魏笑竹 王智超

熵的概念，是热力学和统计物理学中非常重要而又较难理解的。克劳修斯(ClaUSiUS. R. J. E, 1822—1888 德国物理学家)于 1850 年提出热力学第二定律, 1865 年提出熵的概念, 并将热力学第二定律表述为“宇宙的能量是不变的, 而它的熵则总在增加。”现在, 熵这个概念已经远远超出了热力学、统计物理学范畴, 直接扩展到信息论、控制论、概率论、数论、天体物理、宇宙论、科学管理以及生命系统等各个不同领域。因此, 如何在教学中让学生深入理解熵的概念, 是一个重要的课题。

一、态函数——熵

熵是态函数。由克劳修斯等式 $dS \frac{\delta Q}{T} = 0$, 可以证明熵函数的存在: $dS \geq \frac{\delta Q}{T}$ 。

在可逆过程中, 熵的变化等于系统所吸收的热量与热源的绝对温度之比。在不可逆过程中, 这个比值小于熵的变

$$\text{化: } dS > \frac{\delta Q}{T}.$$

不可逆过程进行的方向是按照熵函数的变化来判定的, 不可逆过程的实质是“一切不可逆过程都是向着混乱度增加的方向进行。”当系统由非平衡态达到平衡态时, 其熵达到最大值, 系统内粒子的热运动更加无序。

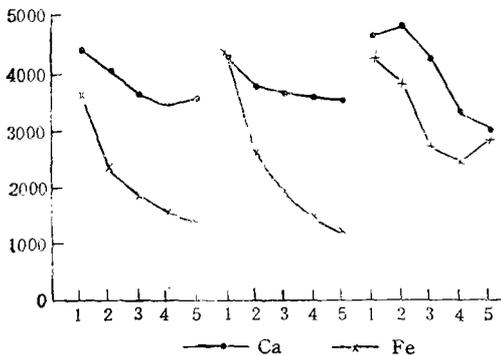


图5 不同部位头发的微量元素变化

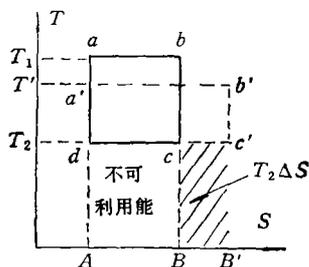
二、熵是能量在空间分布均匀度的量度

若将能量用于做功, 必须造成一定的空间中能量密度有差异。能量从高密度传到低密度区的过程中就可以获得功。克劳修斯提出把 S 命名为熵的理由之一, 就是因为熵和能量有密切的联系, 因而用熵来表征任何系统的能量在空间分布的均匀程度。“能量分布越不均匀, 熵值就越小, 能量转化为功的效率也就越高。反之, 能量分布越是均匀的, 其熵就越大, 能量转化为功的效率也就越低。若系统能量分布已完全均匀, 熵达到最大, 这时不可能再发生能量从这一区域转到另一区域的宏观传递, 也就不能再获得功。”由此可见, 只有造成能量的不均匀分布, 即形成一种“势”差, 才能获得功。

因此, 熵可以作为能量在空间分布均匀的量度。这就是熵的宏观意义。

三、熵是不可利用能量变化的量度

从热机能量变化过程中, 还能说明熵和熵增加原



理的意义。对于可逆卡诺热机, 对外做功为

$$W = Q_1 \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right), (T_1 > T_2)$$

用 $T-S$ 图可表示卡诺热机循环做功。

在图中, 矩形 $abBA$ 代表 Q_1 , $dCBA$ 代表 Q_2 , 则 $abcd$ 代表热机对外界所作的功 W , 这一面积就是从 Q_1 中转变为 W 的那部分能量, 称为可利用能; 而面积 $dCBA$ 就是必须消耗的那部分热量, 称为不可利用能。传给低温热源的热量之差为 $\Delta Q_2 = T_2 \Delta S$ 就是

我们取了 4 个人的头发, 测定了发中铁、锌、铜、氯、钾等元素的动态变化。以图 4 为例, 可以看出不同人头发中微量元素变化是不同的, 同一人在不同部位取的头发虽然微量元素含量有所不同, 但其变化趋势基本是一致的, 见图 5。因此在法学鉴定中可以根据头发中多种微量元素来进行判定犯罪分子。

· 语丝 · 科学美 · 周培源

科学本身并不全是枯燥的公式, 而是有着潜在的美和无穷的趣味, 科学探索本身也充满了诗意。