

卷烟烟气中的有害化学物质及与健康的关系

张文友¹, 马晓河²

(1.西昌学院, 四川 西昌 615013; 2.凉山州农业学校, 四川 西昌 615000)

【摘要】 随着经济发展和社会进步,人们对“吸烟与健康”的认识进一步深化,控烟已是大势所趋;由于种种原因,一部分人具有吸烟的嗜好,无法做到不吸烟,唯一的选择就是尽可能吸一些对人体危害轻、安全性强的烟,因此,研究卷烟产生的有害化学物质,并尽可能地减少这些化学物质就显得尤其重要。本文论述了卷烟烟气中的有害化学物质,并论述了这些有害化学物质对人体健康的影响,以期能为生产安全卷烟提供理论基础。

【关键词】 卷烟;主流烟气;化学物质;焦油;健康

【中图分类号】X131.1 **【文献标识码】**A **【文章编号】**1673-1891(2005)03-0063-04

卷烟是一种特殊的消费品,卷烟消费者是通过燃吸来享受其烟气。卷烟的燃烧是一个非常复杂的物理、化学变化过程。只有深入研究,逐步认识烟草和烟气化学成份的性质,探寻烟草中对健康有影响的物质,并降低卷烟的有害成分,才能相对提高卷烟的安全性,既满足消费者的需要,又尽可能减少对消费者的危害。

1 卷烟烟气的形成及组成

1.1 烟气的形成

燃烧的烟支是一个复杂的化学体系。在烟支点燃的过程中,当温度上升到300℃时,烟丝中的挥发性成分开始挥发而形成烟气;上升到450℃时,烟丝开始焦化;温度上升到600℃时,烟支被点燃而开始燃烧。烟支燃烧有两种形式:一种是抽吸时的燃烧,称为吸燃;另一种是抽吸间隙的燃烧,称为阴燃(亦称为静燃)。抽吸时从卷烟的滤嘴端吸出的烟气称为主流烟气(Mainstream Smoke,简称MS),抽吸间隙从燃烧端释放出来和透过卷烟纸扩散直接进入环境的烟气称为侧流烟气(Sidestream Smoke,简称SS)。

烟支燃烧时,燃烧的一端呈锥体状。抽吸时,大部分空气从燃烧锥与卷烟纸相接处进入,而锥体的中部则形成一个致密的碳化体,气流不容易通过,锥体中心含氧量很低,以至于燃烧受到限制,造成不完全燃烧。燃烧的烟支根据其温度变化和化学反应不同,可划分成三个不同的区域,即高温燃烧区、热解

蒸馏区、和低温冷凝区。

燃烧区位于烟支的前部,主要由炭化体组成,一般情况下,燃烧锥表面氧气供应充足,这里发生碳的氧化放热反应,产生的热量被热气流带走,进入热解蒸馏区。高温燃烧区生成的产物主要是气相物质,如二氧化碳、一氧化碳、水、氢、甲烷等低级烃类化合物和一些自由基,其中一部分产物穿过燃烧的碳扩散到侧流烟气中。燃烧锥后面是热解蒸馏区,燃烧锥中心的热解蒸馏区氧气供应不足,反应是在缺氧状态下进行的。来自高温燃烧区的热气流提供能源,导致了热解蒸馏区的复杂化学变化。烟丝中的许多物质在此进行剧烈复杂的化学反应,烟气中的绝大多数化合物都是在这里形成的。同时,在热气流的作用下,烟丝中的挥发性物质挥发进入烟气流(其中的半挥发性5元和6元环的氮-杂环化合物对卷烟的香味有显著的贡献)。热解蒸馏区进行的化学反应大多是吸热反应,烟气流在此被迅速冷却。烟草中的萜烯类、植物甾醇类如豆甾醇、石蜡类、糖类、氨基酸类、纤维素类和许多其他成分通过热分解,热合成、干馏、聚合、缩合、自由基等反应形成了挥发性、半挥发性气体,以及液体和固体物质(如焦油)等。

从热解蒸馏区到烟支的末端称为冷凝过滤区。在此,烟气中的低挥发性成分随着温度的急剧下降而达到饱和点开始冷凝。这些低挥发性成分除了遇到烟丝后凝聚到烟丝上以外,在气流流动过程中烟气中的低挥发性物质,以碳质燃烧时形成的微小碳粒、有机物的微小碎片、灰分、离子化的分子组成的

收稿日期:2005-03-28

作者简介:张文友(1969-)男,副教授,主要从事烟草及作物栽培技术研究及教学工作。

离子为冷凝核,凝结成更大的颗粒。这些颗粒在随烟气流前行的过程中,一部分被烟丝和滤嘴截留,其他的随主流烟气进入人的口腔。

1.2 烟气的组成

卷烟烟气是由气相物质和粒相物质两部分组成的。

烟气中的气相物质和粒相物质 通常人们把在室温下能通过剑桥滤片(一种玻璃纤维制成的滤片,它能滤除直径大于 $0.2\mu\text{m}$ 的微粒,过滤效率可达99%)的烟气部分称为气相物质。气相物质约占烟气总量的92%左右,其中包括空气(约占58%)、过量的氮气(约占15%)、碳氢化合物、有机物的蒸汽、氮氧化物和一些生物活性物质等。能够被剑桥滤片截流的部分称为粒相物质。粒相物质约占烟气总量的不到8%,主要有水、烟碱和焦油。

烟气中的焦油 卷烟烟气粒相物中除水分和烟碱以外所剩下的部分,称之为焦油。焦油是卷烟烟丝中的有机物质在缺氧条件下不完全燃烧产生的,是由多种烃类及烃的氧化物、硫化物和氮化物等组成的复杂化合物。目前一般认为卷烟烟气中的有害成分主要集中在焦油中。据报道,卷烟焦油中99.4%的成分对人体是无害的(这其中又有相当一部分低挥发性成分是卷烟特有香味的来源),仅有0.6%的成分有害人体健康,而在这些有害成分中,0.2%的成分为诱发癌症和可能致癌的成分,0.4%为辅助致癌成分,如3-*A*-苯并[*a*]芘等稠环芳烃、芳香胺和亚硝胺等。

2 烟气中的主要有害物质

烟气中的化合物,绝大部分对人身是无害的,其中某些成分能赋予烟草特有的香味,使吸烟者感觉愉快,但也有极少部分对健康有害,其有害程度不尽相同。

2.1 有害也有益的烟碱

烟碱,又叫尼古丁(nicotine的音译名),是烟草中的生物碱。在烟草中,烟碱大部分是与有机酸,如柠檬酸和苹果酸结合成盐的状态存在的,也有少量的自由状态烟碱存在。烟碱进入人体内,90%在肺部吸收,进入血液后6秒钟即可到达大脑。

烟碱对人体最显著的作用是对交感神经的影响,通常表现为短暂的兴奋,紧接着就是抑制。烟碱的作用除了增加烟味和感到刺激外,主要还在于它

所产生的生理强度,通常称为劲头,反映“过瘾”或“不过瘾”的程度。一般来讲,烟碱含量高的烟叶,烟气劲头大,反之则小。因此,烟气中含有一定量的烟碱是完全必要的,否则烟草即失去其使用价值。但是烟碱的含量也不能过高,否则不但会增加烟气的刺激性,影响吃味,也是吸烟安全性的一个不利因素。

烟碱是很活泼的化学物质,在人体内能很快发生代谢,从尿液中可以很容易地检测到烟碱的代谢物“可天宁”,人体器官或各种组织中尚未发现有烟碱的积累。即使有的话,其量也一定很少,以致仪器检测不到或可以忽略不计。从烟碱的分子结构来看,是很不稳定的,在中性或偏碱性条件下即可发生各种变化。在人体内的代谢中,其主要的中间体是可天宁,可天宁几乎无毒性,而且也不像烟碱那样能刺激血压升高。

目前,每支滤嘴卷烟燃烧后,烟碱的释出量一般为1mg左右,低烟碱卷烟每支释出量可低达0.2mg,这样的低剂量不至于对人体健康产生影响。

2.2 烟气中可疑的致癌和促癌物质

稠环芳烃 稠环芳烃(简称PAH)是烟草在高温缺氧条件下不完全燃烧的产物。各种有机物热解所生成的有机物碎片,经过复杂的聚合过程而形成多种稠环芳烃。烟气中含稠环芳烃的种类有百种以上,在卷烟烟气中已鉴别出大约30个有致癌性的稠环芳烃,其中最典型的就3-*A*-苯并[*a*]芘,它的致癌性是最高的,其次是二苯并[*a,h*]蒽、苯并[*b*]萤蒽等稠环芳烃。

稠环芳烃是接触致癌物,但每百支卷烟焦油中3-*A*-苯并[*a*]芘的含量约2~3 μg ,在卷烟烟气中的含量低于致癌阈限(最低致癌量)。

N-亚硝胺 目前世界上已发现有300多种N-亚硝胺对40种动物有致癌性,烟草中只有个别存在。由于烟草含有较多的含氮有机物及硝酸盐,以至于烟气中有较多的N-亚硝胺,其中有一类胺类前体是烟草所特有的N-亚硝胺(TSNA)。烟碱在烟草的加工、卷烟燃吸或者是在烟气吸入的瞬间,生成了N-亚硝基去甲基烟碱(NNN)和4-(甲基亚硝胺)-1-(3-吡啶基)-1-丁酮(NNK),它们都是强烈的动物致癌物,诱发小白鼠、大白鼠及叙利亚金色田鼠发生肺癌。研究表明,在新陈代谢活动中,NNK可使动物活体和离体的人体组织中的DNA(脱氧核糖核酸)甲基化,这从各种组织中分离出7-甲基鸟嘌呤及O6-甲基鸟嘌呤而得到证明。分子生物学家认为,在细胞遗

传密码中带有O6-甲基鸟嘌呤对DNA是一种化学损害,有可能致癌。

酚类物质 烟气焦油的酸性组分中有辅助致癌物存在,其中最主要的是儿茶酚和烷基儿茶酚,有促癌作用,当与稠环芳烃一起作用时,能增加稠环芳烃的致癌性。

苯 卷烟烟气的芳香族碳氢化物是在烟丝燃烧时形成的,其中苯最简单,它有可能来自烟草中含芳环的成分,如木质素、多酚以及某些氨基酸,也有可能来自非挥发性物质。它们的碎片趋向于形成热稳定性较好的芳环系统。

国际癌症研究机构认为苯可能是一种致癌物,因为它增加了在高苯含量环境下工作的工人得白血病及淋巴瘤的机会,但吸烟并没有增加这种肿瘤的危险。

氯代烃 烟叶中少量的氯(<1.0%)似乎能改善烟叶的吸湿性,而含大量的氯则降低燃烧性。烟气中氯代烃的含量受烟草中氯含量的影响。在气相中已鉴定出的有氯代甲烷和氯乙烯。氯代甲烷是一个可疑的致癌物,而氯乙烯的毒性则比较明确。长期在高浓度的氯乙烯环境中工作的工人,容易诱发肝脏血管瘤。

2.3 可导致组织缺氧的一氧化碳

一氧化碳(CO)为烟气有害物质之一。在卷烟燃烧区中心,氧的供应不足,便较易形成一氧化碳。一氧化碳是与心血管紊乱和缺氧性中毒相联系的,严重时可能引起器质性病变。一支烟可产生0.3~0.4mg的一氧化碳。主流烟气中的一氧化碳含量极少,不足以对人体形成明显危害。主流烟气中碳的氧化物的释放量受烟草的物理状态、滤嘴、卷烟纸孔率及卷纸添加剂等的影响极大。通过使用打孔滤嘴或带有纵向气槽的滤嘴来稀释烟气,已经使得卷烟主流烟气中一氧化碳含量选择性地减少。

2.4 烟气中的纤毛毒性物质

氰化氢 氰化氢是烟气中最具纤毛毒性的物质,是几种呼吸酶中的非常活跃的抑制剂,烟气中的氰化氢主要来自于烟草中的蛋白质和氨基酸,特别是甘氨酸、脯氨酸及氨基二羧酸。此外,烟草中的硝酸盐对氰化氢的形成也有促进作用。

含活性碳的滤嘴、打孔滤嘴或带纵向气槽的滤嘴可选择性地降低卷烟烟气中的氰化氢浓度。

挥发性醛、酮 烟气气相中一部分醛、酮是烟草成分直接转移的结果,在烟草中这些化合物是由非

酶棕色化反应形成的。在卷烟燃吸过程中,烟草中的羰基化合物与含氮化合物之间的非酶棕色化反应更为剧烈,其产物中挥发性醛和酮占有较大的比例。目前在气相中至少已发现有20种醛和6种酮,其中含量最高是甲醛、乙醛、丙醛、丙烯醛、巴豆醛、糠醛、和丙酮。某些挥发性羰基化合物特别是甲醛、丙烯醛及巴豆醛是呼吸道纤毛的毒素,它们与氰化氢一起吸入后,抑制了肺排泄物的清除,从而可导致肺部疾病。据报道,甲醛还可诱发鼻癌。含活性碳滤嘴可选择性地从卷烟烟气中除去某些挥发性醛和酮类,从而大大减少整个烟气对呼吸道纤毛的毒性,打孔滤嘴也能从卷烟烟气中除去挥发性醛类。

2.5 烟气中的放射性物质

烟气中的放射性物质来源于烟草生长中所施的磷肥。磷肥中含有铀,经过一系列衰变,成为铅-210和钋-210,其放射性物质由烟草上的茸毛所吸收。含有放射性同位素的烟草燃烧时,茸毛成为不熔性物质而被吸入肺内组织。香烟中还发现有 α -射线。但这些物质在烟气中含量极微,不能构成对人体的危害。

2.6 可引起细胞损伤的自由基

一支燃烧着的卷烟就像一座小化工厂,可产生数以千计的化合物,其中除了焦油和烟碱外,还包含大量的自由基。近年来的研究发现,分布在香烟烟气中的大量自由基,可以直接或间接攻击细胞的遗传物质,在诱癌和促癌过程中均起一定的作用。烟气中含有自由基。每吸入一口烟气,其中自由基的含量可达106个。研究发现,烟气的自由基的主要成分是烷类自由基($R\cdot$)和烷氧自由基($RO\cdot$),其中烷氧自由基约占60%~70%。这些自由基是卷烟燃烧形成的气流在流动过程中不断形成的。

3 吸烟与健康

3.1 吸烟与健康问题的发展史

自从16世纪烟草由美洲传入欧洲以后,人们对吸烟与健康的问题产生了不同的看法。但是由于缺乏科学依据,以致于长期以来未得到明确的结论。

早期的说法,吸烟能防瘟疫。1665年伦敦大瘟疫时就曾以吸烟为防疫措施。汉堡的一次霍乱流行中,该城烟厂的工人无一得病。我国明末张景岳著《本草纲目拾遗》一书提到烟草流行过程时说:“征滇之役,师旅深入瘴地,无不染病,独一营安然无恙,问其故,

众皆服烟。但是反对吸烟的力量也很大,早在1604年,英国国王詹姆士一世就发布过《对烟草的强烈抗议》文告,认为“吸烟是一种不良嗜好,它伤目刺鼻,伤脑损肺”下令禁烟。

1795年德国的塞马林格,首先提出吸烟有损健康的论文,认为用烟斗吸烟的人容易生唇瘤1954年英国皇家医学会、1964年美国医政总署都正式发表了“吸烟与健康”的报告,明确提出吸烟对健康是有害的。特别是与肺癌和心血管疾病有密切关系。

3.2 吸烟对健康的影响

世界卫生组织于1985年曾经邀请世界知名专家讨论吸烟问题。讨论结果由国际癌症研究所编辑出版了专辑报告,较全面地总结了过去几十年的研究成果。一般认为吸烟与肺癌、心脏局部缺血、血管周围病害以及慢性肺阻塞等疾病有明显的相关性,与食道癌、动脉硬化及高血压等疾病也有一定关系。但对子宫内膜癌、帕金森综合症、结肠溃疡、妊娠中毒性贫血、骨质疏松症等五种疾病有一定的保护作用。其原因仍是目前积极研究的对象。一般认为可能是吸烟能促进体内某种致病因素的减少。另外还有一些疾病与吸烟毫无关系,如寄生虫病、传染性疾病等。

3.3 正确对待吸烟与健康问题

自1954年以来,虽然各国政府和卫生部门在吸烟与健康问题的研究方面耗资巨大,但得出的结论仍停留在流行病学的统计和一些推理性的假说上,尚无直接的实验数据加以证明。这里有多方面的原

因,主要的:一是医学界对许多疾病的病因还不十分清楚,例如癌症的病因问题就是一个典型的例子。二是烟草化学成份与发病的关系不是急性的毒害,且涉及遗传、生活环境和生活习惯等各种因素,还未能做到通过实验即能确定吸烟就是肺癌的病因。因此,在这种情况下,不能忽略其他的致病原因。如:

环境因素 对于吸烟会导致癌变的主要依据是烟气中有公认的致癌物质苯并[a]芘。其实苯并[a]芘到处都有,如日常的食物,饮水和环境大气中,都有苯并[a]芘的存在。据报导,在污染较少的格陵兰岛,30m深的土层中每千克土含有5.3μg的苯并[a]芘。在大城市中,情况就严重得多,在空气受严重污染的情况下,人们一天吸入的苯并[a]芘相当于吸入20~40支卷烟。

实验方法与结论:用卷烟焦油做小白鼠涂肤实验往往被认为是吸烟致癌的强有力证据。但是,科学家用大鼠、猴子做涂肤实验时,得到的结果却是阴性。因此,依据涂肤实验就得出人体的肺部生癌结论说服力不强。

吸烟对健康的影响的看法虽然争论至今,但有一点看法是比较普遍的:吸烟对人体健康有一定的影响,在短期内从世界上消灭烟草不现实的情况下,把精力转移到尽量减少吸烟的危害性上来,才是真正对社会负责,关心消费者的途径。因此,研究卷烟烟气中的有害化学物质,并尽量减少这些有害化学物质具有现实意义。

致谢:感谢李道华教授对本文的指导!

参考文献:

- [1] 金闻博.烟草化学[M].北京:清华大学出版社.1994.
- [2] 易念游.优质烤烟栽培及烘烤技术[M].成都:四川科学技术出版社.1995.

Relation between the Harmful Chemical Substances in Nicotine of Cigarettes and Health

ZHANG Wen-you¹, MA Xiao-he²

(1. Xichang College, Xichang 615013, Sichuan; 2.Liang Shan Prefecture Agricultural Middle School, Xichang 615022, Sichuan)

Abstract: With the development of economy and society, people have realized the relation between smoking and health and controlling smoking has become a main trend. For various reasons, some people have the interest on smoking; the only choice to them is possibly to smoke lower dangerous and more secure cigarettes. So it is very important to research the harmful chemical substances in cigarettes and reduce it. This article illustrates the harmful chemical substances in nicotine of cigarettes and its influence to body's health so that it can supply the theoretical basis for producing secure cigarettes.

Key words: Cigarettes; Main Nicotine; Chemical Substances; Tar; Health