

海洛因与甲基苯丙胺毒品滥用者 毛发特征分析的比较

孟品佳

(中国人民公安大学刑事科学技术学院 北京 100038)

摘 要 根据海洛因和甲基苯丙胺滥用者毛发中毒品及其代谢物的分布特点,通过实验比较了两类毒品滥用者毛发的分析特点。海洛因吸食者毛发采用甲醇超声释放待测物,而后直接调整 pH 值进行液相萃取,萃取物挥干后进行衍生化并进行 GC/MS 检测;甲基苯丙胺吸食者毛发在碱性条件下消解,然后采用小体积萃取,直接在提取液中衍生化,并进行 GC/MS 检测。通过空白毛发标准添加 6-单乙酰吗啡、吗啡和可待因进行分析,3 种鸦片类毒品最小检测限均小于 $3\text{ }\mu\text{g/g}$, $\text{RSD}(n=5)$ 为 $2.5\% \sim 9.6\%$;通过空白毛发标准添加苯丙胺、甲基苯丙胺、3,4-(亚甲二氧基)苯丙胺和 3,4-(亚甲二氧基)-甲基苯丙胺进行分析,4 种苯丙胺类毒品的最小检测限为 $0.05\text{ }\mu\text{g/g}$, $\text{RSD}(n=5)$ 为 $5\% \sim 14\%$ 。

关键词 毒品滥用,毛发分析,海洛因,甲基苯丙胺

中图分类号:O652

文献标识码:A

文章编号:1000-0518(2014)01-0103-06

DOI:10.3724/SP.J.1095.2014.30082

海洛因和甲基苯丙胺(冰毒)是目前我国毒品犯罪最严重,也是滥用人群最多的两类毒品。目前,我国常规的吸毒认定检材依然以尿液为主,但当吸毒者吸毒数日后,尿液等常规检材失去检验价值,这时毛发就成为吸毒认定的最佳检材。毛发作为一个特殊的载体,在吸毒检验方面具有其他检材不可比拟的优势。相对于尿液和血液检材,它易采集、易保存,可长时间保留吸毒信息,可反映吸毒的时间范围、吸毒的程度和吸毒的变化。因此毛发中毒品分析是目前普遍应用的尿液分析方法的补充和发展。有关海洛因和甲基苯丙胺的毛发分析研究很多,包括提取方法^[1-2]、检测方法^[3-5],对映体分析^[6]、毛发分段分析^[7]、毛发分析结果评价^[8]等等。这些成果为毛发分析的深入研究和应用提供了广泛的基础。

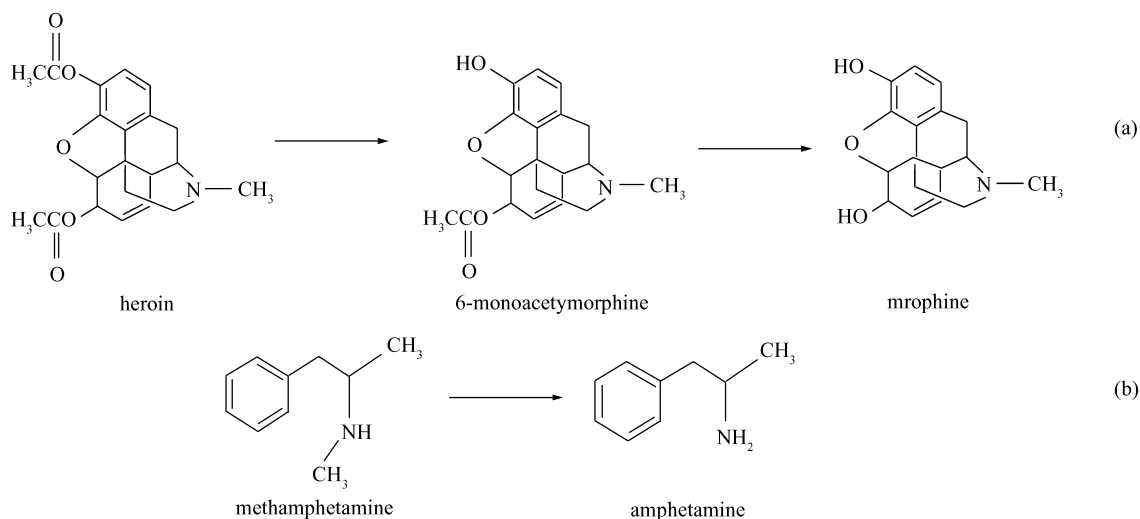
毛发中的毒品包埋在角蛋白中,需首先使其释放,呈游离状态进入液相再进行提取。毛发中毒品释放的方法有酸解、碱解、酶解和溶剂超声法^[1-2,9-10]等。通常情况下,酸水解的条件较为温和,适用范围较广,释放效率高,产物本底较低,操作相对简便,因此被广泛使用;碱水解可以将毛发完全溶解,使待测物分子完全释放,因而优于酸水解,但消解液中杂质含量较高;酶水解具有快速、彻底、专属性强的特点,缺点是成本过于昂贵。甲醇、乙腈等溶剂超声水解可以最大程度地降低待测物在毛发毒品释放过程中水解,因此可以更准确地反映毛发中的毒品形式和含量。

毛发检材中的毒品及其代谢物分布具有特殊性。按照血液中的毒品及其代谢物通过扩散进入毛囊融入毛发的机制,血液中的毒品及其代谢物进入毛发中的能力是不同的。一般脂溶性强(极性小)的组分进入毛发的能力强,因此毛发中的毒品及其代谢物的分布与血液、尿液中的分布不同。毛发中的毒品多以母体形式存在,代谢物的含量相对较低^[11]。

海洛因的化学名称是二乙酰吗啡,海洛因进入人体后在血脂酶的作用下迅速代谢为 6-单乙酰吗啡,然后进一步代谢成吗啡^[12](见 Scheme 1a)。海洛因和 6-单乙酰吗啡均含有酯的结构,在尿液和血液中很容易水解为吗啡,因此尿液和血液中这些母体和中间代谢物的含量很低,且随着吸食时间的延长浓度越来越低,最后可能只能检测到最终的代谢物吗啡。由于吗啡也可由可待因代谢或由使用药物吗啡产生,因此在生物检材中只检出吗啡,并不能证明滥用了海洛因。为了提高海洛因滥用的证据力,6-单乙酰吗啡的检出非常重要。而毛发中的成分以 6-单乙酰吗啡为主,因此毛发是证明滥用海洛因的最佳

检材^[11]。

苯丙胺类毒品的主要代谢途径之一是 *N*-脱烷基产物,因此甲基苯丙胺(冰毒)的主要代谢物是苯丙胺^[12](见 Scheme 1b)。在甲基苯丙胺类毒品滥用者的毛发中,甲基苯丙胺的含量相对于血液和尿液中的含量要高。



Scheme 1 Main metabolism of heroin(a) and methamphetamine(b) in body^[12]

综上所述,海洛因吸食者毛发中的中间代谢产物 6-单乙酰吗啡含量较高;甲基苯丙胺吸食者毛发中以甲基苯丙胺为主。由于这两类毒品及其代谢物成分的化学结构不同,因此对应于毛发分析应该采用不同的方法。本文针对这两类毒品的特点,通过实验比较了在应用毛发检材进行这两类毒品的吸毒认定时具体分析过程的差异。

1 实验部分

1.1 仪器和试剂

美国安捷伦 7890A 型气相色谱仪,配有 5975C 质谱检测器;质谱检测器温度 230 ℃,电子轰击离子源(EI),电离能 70 eV。

吗啡盐酸盐、可待因盐酸盐和 6-单乙酰吗啡盐酸盐均购于公安部物证鉴定中心;乙基吗啡购于青海制药厂;苯丙胺盐酸盐、甲基苯丙胺硫酸盐和 3,4-(亚甲二氧基)苯丙胺盐酸盐(MDA)均购于国家麻醉品实验室;3,4-(亚甲二氧基)-甲基苯丙胺盐酸盐(MDMA)购于公安部物证鉴定中心;2-甲基苯乙胺购于 ACROS ORGANICS 公司;*N*-甲基-双三氟乙酰胺(MBTFA)购于 Acros Organics 公司;实验中所用试剂均为分析纯。

1.2 实验方法

1.2.1 海洛因滥用者毛发分析 色谱柱为键合 DB-5 柱,30 m × 0.25 mm × 0.25 μm;进样口温度 250 ℃,柱箱起始温度 150 ℃,保持 1 min,然后以 20 ℃/min 升至 250 ℃,保持 2.5 min,再以 30 ℃/min 升至 285 ℃,保持 3 min;He 气作载气,流速 1.0 mL/min,不分流。全扫描质谱范围 45 ~ 550 amu。SIM 测试中,定性监测离子为:乙基吗啡 m/z 296 和 409;6-单乙酰吗啡 m/z 364 和 423;吗啡 m/z 69,364 和 477;可待因 m/z 282 和 395。定量监测离子为:乙基吗啡 m/z 296;6-单乙酰吗啡 m/z 423;吗啡 m/z 364;可待因 m/z 395。

1.2.2 甲基苯丙胺滥用者毛发分析 色谱柱为 DB-1 柱,30 m × 0.32 mm × 1 μm;进样器温度 250 ℃,柱箱起始温度 100 ℃,保持 2 min,然后以 10 ℃/min 升至 220 ℃,保持 2 min;He 气作载气,流速 2.0 mL/min,不分流;质谱检测器温度 280 ℃。SIM 测试中,定性监测离子为:2-甲基苯乙胺 m/z 91 和 118;苯丙胺 m/z 91,118 和 140;甲基苯丙胺 m/z 110,118 和 154;MDA m/z 135 和 162;MDMA m/z 135,154 和 162。定量监测离子为:2-甲基苯乙胺、苯丙胺 m/z 118;甲基苯丙胺 m/z 154;MDA m/z 135;

MDMA m/z 162。

1.3 实验过程

1.3.1 海洛因滥用者毛发分析过程 空白毛发或吸毒者毛发依次用 1% 洗涤剂、蒸馏水超声振荡待检毛发 10 min,自然晾干,密封待检。用万分之一电子天平准确称取清洗干燥后的空白和吸毒者毛发进行分析。

在吸毒者毛发中,首先向检材中加入内标乙基吗啡,然后采用约 80 个 2.5 mm 镍镉合金钢珠与毛发一起漩涡研磨毛发 5 min,破坏毛发纤维,使毛发表面积增大,以提高释放效果;之后加入 1 mL 甲醇,在 60 ℃ 下超声振荡 2 h;将甲醇提取液转移至 15 mL 塑料离心管中,加入 1 mL pH = 9 的缓冲液,然后再加入 6 mL 提取溶剂 ($V(\text{氯仿}):V(\text{异丙醇}):V(\text{正庚烷}) = 50:17:33$),超声 10 min,离心 10 min,取下清液,空气流下吹干,用 80 μL 乙酸乙酯定容,然后加入 20 μL MBTFA,在 60 ℃ 烘箱中加热 30 min 进行衍生化,冷却后直接抽取 1 μL 进行 GC/MS-SIM 检测。

1.3.2 甲基苯丙胺滥用者毛发分析过程 空白毛发和吸毒者毛发同上清洗后,自然晾干,剪成长约 1 mm 的碎段,用万分之一电子天平准确称取清洗干燥后的空白和吸毒者毛发进行分析。

向毛发检材中加入内标 2-甲基苯乙胺,加入 1 mol/L NaOH 溶液 1 mL,75 ℃ 下水浴加热 30 min;将毛发水解液转移至 2 mL 离心试管中,加入少许 KCl(必需使溶液达到过饱和),然后加入氯仿溶液 50 μL ,涡旋提取 1 min 后,离心 1 min;用 50 μL 的注射器吸取下层液 20 μL 放入另一小瓶中,加入 10 μL MBTFA,用封口胶封口后,在烘箱中 70 ℃ 下加热 30 min,然后直接进样,进行 GC/MS-SIM 检测。

2 结果与讨论

2.1 海洛因与甲基苯丙胺类毒品毛发的消解

2.1.1 海洛因滥用者毛发的消解条件考察 6-单乙酰吗啡是服用海洛因的重要标记物,但从结构式看,6-单乙酰吗啡含有一个酯基,该酯基水解后即转变为吗啡。而毛发消解在破坏毒品与毛发中蛋白质结合的过程中,也会使 6-单乙酰吗啡水解为吗啡,使海洛因滥用的证据力消失,所以判断毛发消解方法的优劣应以 6-单乙酰吗啡最小水解为标准。通过实验考察了上述几种消解方法对 6-单乙酰吗啡的检测效果。在 20 mg 空白毛发中添加 6-单乙酰吗啡和内标(乙基吗啡),均为 0.1 μg ,经消解后提取、衍生化和检测。其中检出的吗啡来自于 6-单乙酰吗啡水解。计算吗啡与 6-单乙酰吗啡的峰面积比,通过与标准品比对计算它们的含量,并计算 6-单乙酰吗啡的水解率。碱消解、酸消解和甲醇-5 mol/L HCl 消解均未检出 6-单乙酰吗啡,即 6-单乙酰吗啡的水解率为 100%。甲醇-三氟乙酸消解检出微量 6-单乙酰吗啡,其水解率为 71.79%。甲醇消解检出更多的 6-单乙酰吗啡,其水解率为 2.63%。

同时通过真实海洛因滥用者的毛发的用上述 5 种消解方法进行消解,其结果与标准添加 6-单乙酰吗啡的结果基本一致。碱消解、酸消解和甲醇-5 mol/L HCl 消解均只检出可待因和吗啡,未检出 6-单乙酰吗啡。甲醇-三氟乙酸消解检出了吗啡,并检出了 6-单乙酰吗啡,但检出量极小。甲醇消解检出吗啡、可待因,以及最大量的 6-单乙酰吗啡,并且重复性很好。但该条件下,吗啡的检出量低。而其它消解条件下,尤其是碱性消解条件下吗啡的检出量最高。因此,可以根据检测的对象不同选择合适的消解方法。

实验证明甲醇超声提取毛发中的 6-单乙酰吗啡可最大程度地得到保留,而在该条件下提取,毛发细碎程度直接影响毛发释放毒品的效率。本实验采用了 2.5 mm 镍镉合金钢珠与毛发一起漩涡研磨毛发,破坏毛发纤维,使毛发表面积增大,以提高释放效果。结果表明,毛发经钢珠研磨后,提取效率明显提高,检出量和重复性明显改善。毛发细碎程度越大,与消解溶剂接触的表面积越大,甲醇消解后待测物提取率越高、稳定性也越好。

2.1.2 甲基苯丙胺滥用者毛发的消解条件考察 称取约 20 mg 添加了 4 种苯丙胺类毒品(甲基苯丙胺、苯丙胺、MDMA、MDA)和内标的毛发置于一 4 mL 带盖的小瓶中,碱性条件消解的过程是在毛发中加入 1 mL 1 mol/L NaOH 后在 70 ℃ 恒温水浴上加热 30 min。在这一条件下毛发被完全破坏和溶解,因此推定毒品从毛发中释放出来,由该方法回收的毒品较高。

同样添加毒品的毛发考察了酸水解,即加入 1 mL 0.1 mol/L HCl 并在 45 ℃ 水浴中加热过夜;甲醇

超声提取等方法。根据水解效率以及后续的处理步骤,确定了滥用者毛发中苯丙胺类毒品的最佳水解方法为碱性水浴条件下水解。此条件下毛发中的毒品释放率最高,溶液 pH 值环境与随后的液相萃取条件相适应,且重复性好,操作简便,可用于毛发中低含量苯丙胺类毒品的分析。

2.1.3 海洛因毒品滥用者毛发和苯丙胺类毒品滥用者毛发的消解过程比较 海洛因毒品及其代谢物与苯丙胺类毒品及其代谢物的化学结构不同,毛发的消解过程差异较大。因为海洛因毒品滥用者毛发中的标记性代谢物 6-单乙酰吗啡很容易水解,所以在酸性、碱性条件下消解均会导致 6-单乙酰吗啡的丢失,最好的方法是采用有机溶剂,如甲醇超声提取,为了增大毛发与有机溶剂的接触面积,提高释放率,将毛发研磨越碎越好;而苯丙胺类毒品不易水解,尤其在碱性条件下水解,可使毛发完全溶解,待测物释放完全,并且与后续的液相萃取条件相适应。

2.2 海洛因与苯丙胺类毒品滥用者毛发的提取与 GC/MS 检测

经过消解后的毛发依然需要进行提取和浓缩后才能进行 GC/MS 检测。提取过程要和消解过程相适应。

2.2.1 海洛因滥用者毛发的萃取与检测 对于海洛因滥用者毛发,释放的主要成分有吗啡、可待因和 6-单乙酰吗啡等,它们的结构不同,性质差别较大。其中 6-单乙酰吗啡和吗啡的极性较强,并为两性化合物。只有溶液的 pH 在等电点 $pI = 8.9$ 时,2 个化合物才会以分子状态进入有机相。此外,2 个化合物分子中含有羟基,极性很大,即使分子状态在非极性有机相中的溶解度也有限。比较了各种有机溶剂对吗啡萃取效率及萃取杂质的影响,如氯仿、二氯甲烷、氯仿/异丙醇(体积比 9:1)、乙酸乙酯、正丁醇和氯仿/异丙醇/正庚烷(体积比 50:17:33)。其中乙酸乙酯尽管萃取物较干净,但待测物萃取效率低;正丁醇萃取物很脏,且不易挥干;另外 4 种含氯有机溶剂萃取效果相差不明显。从理论上考虑,氯仿分子中的氢可与吗啡分子中氨基上的氮形成氢键;少量醇可与吗啡分子中的羟基形成作用力。但含氯有机溶剂的环境污染较严重,应尽量降低其使用的比例,因此选择三合一有机溶剂,即 $V(\text{氯仿}):V(\text{异丙醇}):V(\text{正庚烷}) = 50:17:33$ 为液相萃取溶剂。

在液相萃取过程中,考察了 4 种混合方式:旋涡 3 min、振荡 30 min、超声 10 min 和微波 10 min。其中微波萃取需要专用设备;其它 3 种以旋涡和超声效果较好。但旋涡方式需要人工单个样品进行操作,不易平行,且容易乳化,故选择超声方法作为提取方式。其优点为:多个样品可同时进行操作,易于条件平行;操作在超声波仪器中进行,不需人工处理;因为两相没有直接的接触,不产生乳化;萃取效率高。

经过方法考察,最后建立了适用于海洛因滥用者毛发的分析方法(见 1.3.1 节),通过空白毛发标准添加 6-单乙酰吗啡、吗啡和可待因对该方法进行了评价,有关数据如下:相关系数(R^2) >0.99 ;线性范围 $10 \sim 1000 \mu\text{g/g}$;最小检测限 $>3 \mu\text{g/g}$;RSD($n=5$)($10 \sim 1000 \mu\text{g/g}$) $2.5\% \sim 9.6\%$ 。空白毛发与海洛因吸食者毛发的 GC/MS-SIM 谱如图 1 所示。

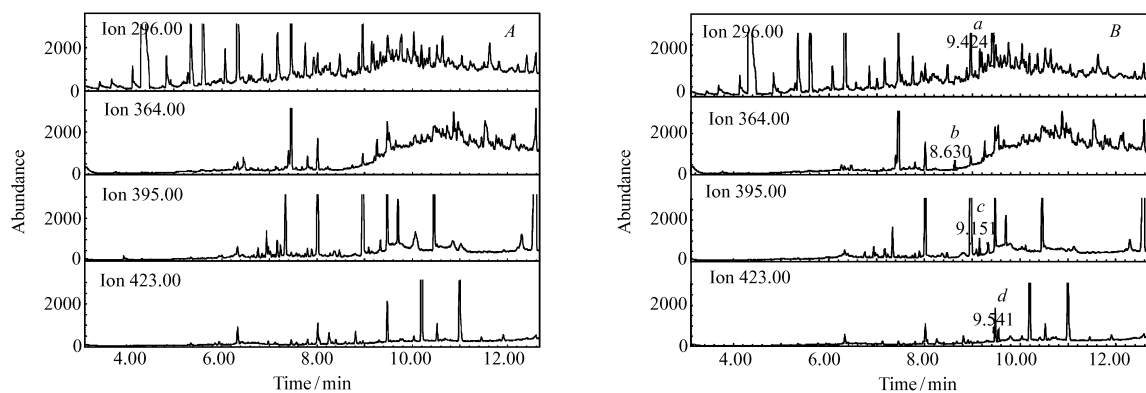


图 1 空白毛发(A)和海洛因滥用者毛发(B)在选择离子下的色谱图

Fig. 1 GC/MS-SIM chromatograms of blank hair(A) and abuser's hair(B) at selected ions

a. ethyl morphine (IS)-TFA; b. morphine-TFA; c. codeine-TFA; d. 6-monoethyl morphine

2.2.2 苯丙胺类毒品滥用者毛发的萃取与检测 对于苯丙胺类毒品,采用了小体积液相萃取的模式。

毛发经过碱性条件消解后,用小体积(50 μL)的氯仿经涡旋液液微萃取,不经过 N_2 气吹干过程,直接吸取下层氯仿溶液(20 μL)至另一小瓶中,加入衍生化试剂后在加热的条件下进行衍生化反应,然后采用 GC/MS 中选择离子检测(SIM)方法进行定量检测^[13]。

应用上述方法,通过空白毛发标准添加苯丙胺、甲基苯丙胺、MDA 和 MDMA 进行了方法学评价,有关数据如下:相关系数(R^2) > 0.99;线性范围 0.05 ~ 10 $\mu\text{g/g}$;最小检测限 0.05 $\mu\text{g/g}$;RSD ($n=5$)(0.5 ~ 5 $\mu\text{g/g}$)5% ~ 14%。

应用该方法对冰毒吸食者的毛发进行检测,检测到甲基苯丙胺和其代谢物苯丙胺,其中最小毛发用量不足 5 mg (约 20 cm 长)。该方法不仅大大提高了检测的灵敏度,而且操作便捷、过程简单、节省溶剂。空白毛发与甲基苯丙胺吸食者毛发的 GC/MS-SIM 谱如图 2 所示。

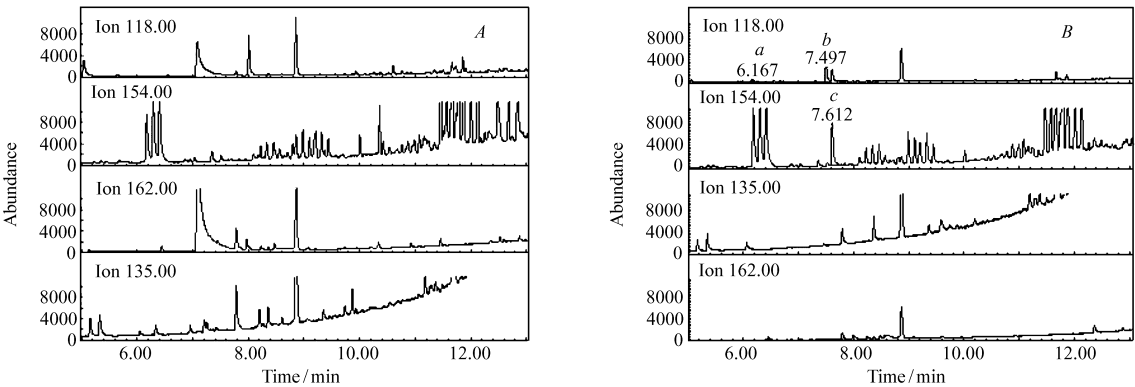


图 2 空白毛发(A)和冰毒滥用者毛发(B)在选择离子下的色谱图

Fig.2 GC/MS-SIM chromatograms of blank hair(A) and methamphetamine abuser's hair(B) at selected ions

a. amphetamine-TFA; b. 2-methyl benzylamine (IS) -TFA; c. methamphetamine-TFA

2.2.3 海洛因毒品滥用者毛发与苯丙胺类毒品滥用者毛发的萃取与检测方法比较 在毛发的苯丙胺类毒品分析中,采用了小体积萃取模式,即采用尽可能少量的有机溶剂,在涡旋或超声条件下提取待测物,离心后取有机相直接进行衍生化,衍生化产物直接进样分析。实验证明该方法简单方便、节省溶剂、萃取率高。但海洛因毒品的代谢物,由于极性很强,脂溶性差,该方法效果不好,因此采用了传统的液相萃取法,萃取后把萃取液吹干后进行衍生化;最后采用气质联用(GC/MS)进行检测。

3 结 论

海洛因毒品和苯丙胺类毒品以及它们的代谢物化学结构不同,导致两类毒品滥用者的毛发分析程序不尽相同。由于海洛因吸食者毛发中海洛因中间代谢物 6-单乙酰吗啡的含量较高,因此毛发是海洛因吸毒认定的最佳检材。但由于 6-单乙酰吗啡极易水解为吗啡,所以毛发采用甲醇超声提取为宜,通过与镍钢钢珠研磨破坏毛发结构可增大提取效率;甲醇提取液可直接调整 pH 值然后进行液相萃取;甲基苯丙胺为碱性药物,且不易水解,在碱性条件下消解毛发,可最大程度释放待测物,而且直接适宜液相萃取中需要的碱性环境;采用小体积萃取,不仅节省溶剂,而且减少了操作环节,同时具有富集效果,可大大提高检测的灵敏度。因为毛发中的毒品及其代谢物含量很低,而且两类毒品及其代谢物的极性很高,所以 GC/MS 分析之前,需要进行衍生化,并需要采用选择离子监测模式测定。

参 考 文 献

[1] Nishida M, Yashiki M, Namera A. Single Hair Analysis of Methamphetamine and Amphetamine by Solid Phase Microextraction Coupled with in Matrix Derivatization[J]. J Chromatogr B,2006,842:106-110.
[2] Gentili S, Cornetta M, Macchia T. Rapid Screening Procedure Based on Headspace Solid-phase Microextraction and Gas Chromatography-massspectrometr for the Detection of Many Recreational Drugs in Hair[J]. J Chromatogr B,2004,801: 289-296.
[3] Lachenmeier K, Musshoff F, Made B. Determination of Opiates and Cocaine in Hair Using Automatedenzyme Immunoassay

- Screening Methodologies Followed by Gas Chromatographic-Mass Spectrometric (GC-MS) Confirmation[J]. *Foren Sci Int*, 2006, **159**:189-199.
- [4] Scheidweiler K B, Huestis M A. Simultaneous Quantification of Opiates, Cocaine, and Metabolites in Hair by LC-APCI-MS/MS[J]. *Anal Chem*, 2004, **76**:4358-4363.
- [5] Gottardo R, Fanigliulo A, Bortolotti F. Broad-spectrum Toxicological Analysis of Hair Based on Capillary Zone Electrophoresis-time-of-flight mass spectrometry[J]. *J Chromatogr A*, 2007, **1159**:190-197.
- [6] Martins L F, Yegles M, Chung H. Sensitive, Rapid and Validated Gas Chromatography/Negative Ion Chemical Ionization-Mass Spectrometry Assay Including Derivatization with A Novel Ciral Agent for the Enantioselective Quantification of Amphetamine-type Stimulants in Hair[J]. *J Chromatogr B*, 2006, **842**:98-105.
- [7] Druid H, Strandberg J, Alkass K. Evaluation of the Role of Abstinence in Heroin Overdose Deaths Using Segmental Hair Analysis[J]. *Foren Sci Int*, 2007, **168**:223-226.
- [8] Romano G, Barbera N, Spadaro G. Determination of Drugs of Abuse in Hair; Evaluation of External Heroin Contamination and Risk of False Positives[J]. *Foren Sci Int*, 2003, **131**:98-102.
- [9] Poletti A, Stramesi C, Vignali C. Determination of Opiates in Hair; Effects of Extraction Methods on Recovery and on Stability of Analytes[J]. *Foren Sci Int*, 1997, **84**:259-269.
- [10] Cordero R, Paterson S. Simultaneous Quantification of Opiates, Amphetamines, Cocaine and Metabolites and Diazepam and Metabolite in a Single Hair Sample Using GC-CM[J]. *J Chromatogr B*, 2007, **850**:423-431.
- [11] MENG Pinjia, ZHENG Qiaochu, XU Ying. Hair Analysis[M]. Beijing: Publishing House of Chinese People's Public Security University, 2001:174-178 (in Chinese).
孟品佳, 张翹楚, 许莹. 毛发毒品分析[M]. 北京: 中国人民公安大学出版社, 2001:174-178.
- [12] SHEN Min. Analysis of Drugs in Body[M]. Beijing: Publishing House of LAW, 2003 (in Chinese).
沈敏. 体内滥用药物分析[M]. 北京: 法律出版社, 2003.
- [13] Meng P J, Zhu D, He H Y. Analysis of Amphetamines in Hair by GC-MS-SIM After Small-Volume Liquid Extraction and Microwave Derivatization[J]. *Anal Sci*, 2009, **25**:1115-1118.

Comparison of Analysis Characteristics of Hair Samples from Heroin and Methamphetamine-Abusers

MENG Pinjia

(College of Forensic Science, Chinese People's Public Security University, Beijing 100038, China)

Abstract The paper compared the characteristics of the hair samples from heroin and methamphetamine-abusers based on the distribution characteristics of the two categories of drugs and their metabolites in hair. Analytes from heroin abuser's hair were collected in methanol by ultrasonication followed by liquid extraction at desirable pH. The methanol was evaporated to dryness and the residue was derivatized and detected by GC/MS. Hair from methamphetamine users was digested under alkali condition followed directly by small volume extraction in the solution. The analytes were derivatized in the extracted solution and detected by GC/MS. Two methods were validated by spiking standards in blank hair. The results show that the detection limits are 3 $\mu\text{g/g}$ hair for 3 opioids (morphine, codeine and 6-monoacetyl morphine) with RSD of 2.5% ~ 9.6% ($n = 5$) and 0.05 $\mu\text{g/g}$ hair for 4 amphetamines (amphetamine, methamphetamine, 3,4-methylenedioxyamphetamine and 3,4-methylenedioxymethamphetamine) with RSD of 5% ~ 14% ($n = 5$), respectively.

Keywords drug abuse, hair analysis, heroin, methamphetamine

Received 2013-02-04; Revised 2013-03-18; Accepted 2013-04-14

Corresponding author: MENG Pinjia, professor; Tel: 010-83903363; Fax: 010-83903380; E-mail: mengpinjia@163.com; Research interests: forensic chemistry