

安捷伦三重四极杆液相色谱 临床研究文集

应用文集



目录

目录

前言	4
常规分析	5
激素	5
血清中的孕酮代谢	5
使用 Agilent Ultivo 三重四极杆 LC/MS 分析测定人血清中的睾酮	7
使用 Agilent Captiva ND ^{Lipids} 、BondElut PBA SPE、1290 Infinity 液相色谱和 6460 三重四极杆 LC/MS 系统通过 LC/MS/MS 定量分析血浆中的儿茶酚胺类物质	9
使用 Agilent Bond Elut Plexa SPE 和 LC/MS/MS 测定血清中的激素	11
TDM	13
使用 ESI 负离子模式和交替色谱柱再生的快速 LC/MS/MS 分析方法，可以同步分析尿液中的巴比妥类化合物和 11-nor-9-羧基- Δ^9 -四氢大麻酚 (THC-A)	13
应用 Agilent Ultivo LC/TQ 对血浆中的褪黑素进行快速的常规定量研究	15
采用安捷伦三重四极杆 LC/MS/MS 系统联合自动化在线样品净化技术快速分析全血中的环孢素 A、依维莫司、西罗莫司以及他克莫司	17
维生素 D	19
使用 Agilent Captiva EMR-Lipid 分析生物样品中的维生素 D 代谢物	19

蛋白组学和代谢组学分析 21

采用与 Agilent 1290 Infinity II 液相色谱系统联用的 Agilent 6495 三重四极杆 LC/MS 系统定量分析血浆中的多肽 21

从纳流到标准流 LC/MS，用于糖尿病肾病研究的常规定量血浆蛋白质组学分析 23

利用 LC/MS/MS 测量 D-2-羟戊二酸和 L-2-羟戊二酸对映体以及 α -酮戊二酸 25

分析效率 27

利用 Agilent StreamSelect 液质联用系统大大提高三重四极杆质谱仪的分析效率 27

使用 MassHunter StreamSelect LC/MS 系统对尿样中的大麻素及其代谢物进行分析 29

前言

本应用文集包含一系列临床研究应用简报，展示了安捷伦三重四极杆 LC/MS 系统的使用，并介绍了安捷伦系统相对于传统 LC/MS 分析的分析效率优势。包括激素分析、治疗性药物监测 (TDM) 和维生素 D 分析等常规应用，也包括蛋白质组学和代谢组学研究等应用。

三重四极杆 LC/MS 系统可与许多适合满足特定需求的安捷伦系统配套使用。例如，在介绍的研究中，使用 Agilent Ultivo 系统、Agilent SimpliQ WCX SPE、Agilent StreamSelect 和 Agilent Captiva NDLipids、BondElut PBA SPE 等进行分析。

本文集中的应用简报为删节版。包含所有数据、图表和方法详细信息的完整文本，请参阅每篇应用简报末尾的文章参考信息。

血清中的孕酮代谢

摘要

孕酮及其代谢物对女性具有重要作用，因此常用于激素替代疗法。然而目前的研究表明，孕酮（合成孕酮）可在多种疾病中发挥重要作用，尤其是乳腺癌。

本文介绍的 LC/MS/MS 方法用于分析孕酮和相关的依赖性激素。其中包括孕酮、3 α -5 α -20 α -二氢孕酮以及别孕烷醇酮、孕烷醇酮和脱氧皮质酮。

实验部分

- **液相色谱系统：**Agilent 1290 Infinity II 液相色谱仪
- **质谱：**6495 三重四极杆 LC/MS 系统
- **色谱柱：**BEH C18 100 \times 2.1 mm, 1.7 μ m（沃特世公司）
- **样品前处理：**利用液液萃取提取血清样品、校准品（溶于乙腈中）或质量控制样品（溶于 0.1% BSA 中）中的孕酮代谢物，然后使用羟胺溶液进行衍生化
- **软件：**Agilent MassHunter 工作站软件

结果与讨论

LC/MS/MS 方法能够分离所有孕酮代谢产物，如图 1 中的示例血清样品所示。异构体也可成功得到相关分离。

分析验证显示，分析内和分析间精密度符合要求，所有数值均低于 10%。除定量限 (LOQ) 和线性数据外，精度数据如表 1 所示。

为检测 LC/MS/MS 方法，对男性和绝经后女性的血清样品进行处理和测定。两个性别相关孕酮的相关激素值和比值结果相似（表 2）。

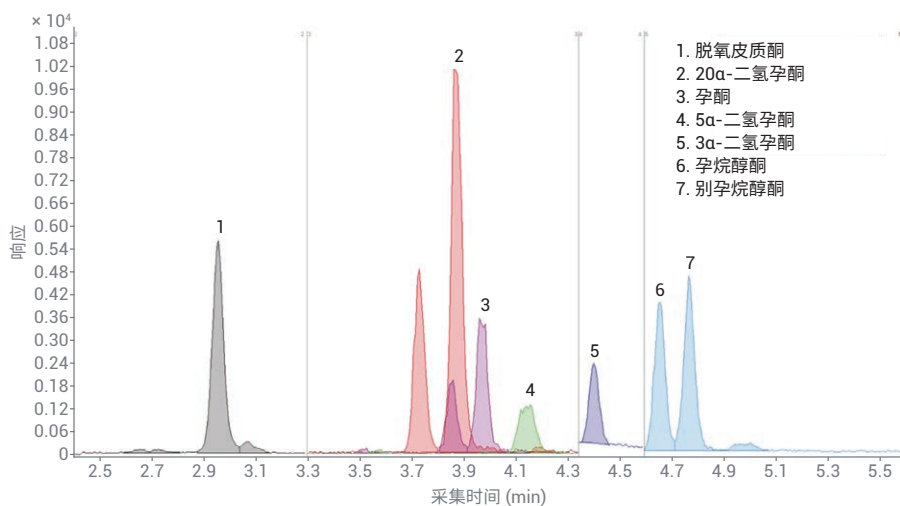


图 1. 示例血清样品的色谱图。灰色线分隔了时间窗口，在窗口中仅测量所选分析物的 MRM 离子对，以获得更好的驻留时间

表 1. 包括分析间、分析内、定量限 (LOQ) 和线性的分析验证数据

分析物	分析内 (%)	分析间 (%)	LOQ (ng/L)	线性 (ng/L)
脱氧皮质酮	4.3	8.6	1.00	5-1000
20α-二氢孕酮	5.6	8.5	4.10	
孕酮	5.2	9.4	2.48	
5α-二氢孕酮	4.7	7.7	0.80	
3α-二氢孕酮	6.8	5.4	0.80	
孕烷醇酮	4.4	8.6	1.00	
别孕烷醇酮	6.8	8.6	0.80	

表 2. 按性别列出的相关孕激素的中值 (ng/L) 以及 5α-二氢孕酮与 3α-二氢孕酮的比值

分析物	男性 (n = 64)		绝经后女性 (n = 54)	
	中值	CI 95%	中值	CI 95%
20α-二氢孕酮	58.3	26.8-211.4	40.0	8.5-127.6
孕酮	48.2	24.8-154.2	27.9	10.5-132.6
5α-二氢孕酮	26.4	7.7-148.2	16.3	3.1-202.4
3α-二氢孕酮	2.0	1.0-5.7	1.7	0.9-8.4
5α/3α 比值	13.6	3.4-29.9	8.2	2.2-68.5

CI = 置信区间

结论

本应用简报中介绍的 LC/MS/MS 方法可以可靠地测定孕酮及相关代谢产物。达到的低 LOQ 还有助于在自然孕酮水平较低的男性和绝经后女性中测定这些激素。

注：有关具体检测操作及参数，请参阅应用简报：5994-2784ZHCN [血清中的孕酮代谢](#)。

使用 Agilent Ultivo 三重四极杆 LC/MS 分析测定人血清中的睾酮

摘要

本研究开发出一种使用微型 Agilent Ultivo 三重四极杆 LC/MS 定量分析血清中游离睾酮的稳定、灵敏且相对快速的分析方法。概述了定量下限、色谱精度、校准线性、范围和准确度。Ultivo 减少了用户对系统维护的干预，使非专业质谱用户能够从容应对系统运行和维护。

实验部分

- **液相色谱:** Agilent 1290 Infinity II 液相色谱仪
- **质谱:** Agilent Ultivo 三重四极杆质谱仪
- **色谱柱:** Agilent Poroshell 120 EC-C18, 2.1 × 50 mm, 2.7 μm (部件号 699775-902)
- **样品前处理:** 通过对加标人血清中最高浓度的睾酮进行连续稀释, 制备 11 个浓度水平的校准品。采用蛋白沉淀法, 然后将上清液用注射用水稀释
- **软件:** Agilent MassHunter 工作站软件

结果与讨论

线性

睾酮分析物的校准浓度范围为 1 pg/mL 至 100 ng/mL。利用 $1/x$ 的加权因子得到睾酮化合物在整个浓度范围内表现出线性效应，在 $n = 3$ 的条件下， R^2 值高于 0.999。由三批样品得到的精度数据表明，在所有校准浓度下，%RSD 变化小于 5%。

分析灵敏度

阴性血清样品空白表明，样品中存在含量可测量的内源性睾酮。图 2A 显示了空白血清中较小的睾酮响应， $n = 3$ 。图 2B 示出睾酮加标浓度为 1 pg/mL 的阴性血清的结果。可以看出，这些校准品与相应基质空白的峰面积和信噪比之间存在显著差异；因此，绘制校准曲线并使用空白扣除功能进行计算。

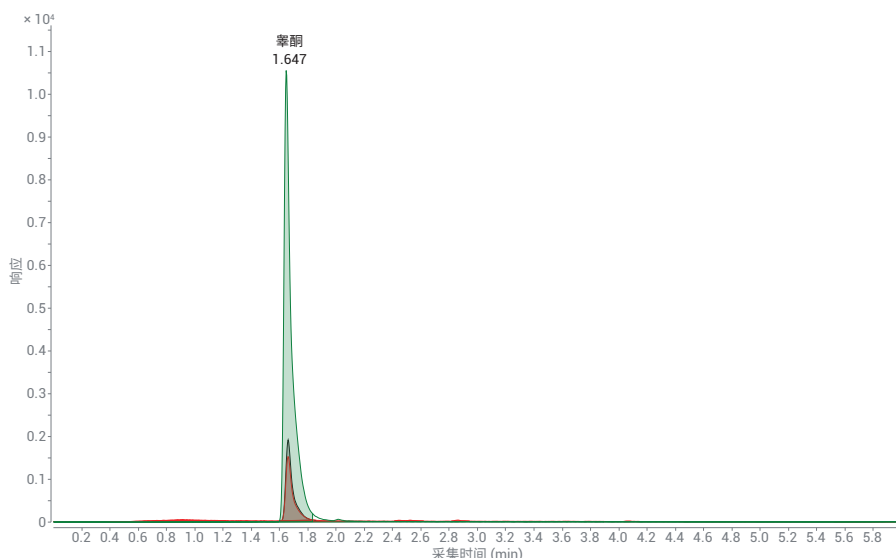


图 1. 叠加 MRM 色谱图，显示睾酮 (500 pg/mL) 与 d3 内标 (25 ng/mL) 的洗脱情况

结论

本研究项目表明，Agilent Ultivo 三重四极杆 LC/MS 能够在 6 分钟的分析周期内使人血清中浓度在 1 pg/mL 至 100 ng/mL 范围内的游离睾酮分析得到优异的线性、精密度和分析灵敏度。

注：有关具体检测操作及参数，请参阅应用简报：5991-8847ZHCN 使用 Agilent Ultivo 三重四极杆 LC/MS 分析测定人血清中的睾酮。

5991-8847ZHCN.pdf (agilent.com.cn)

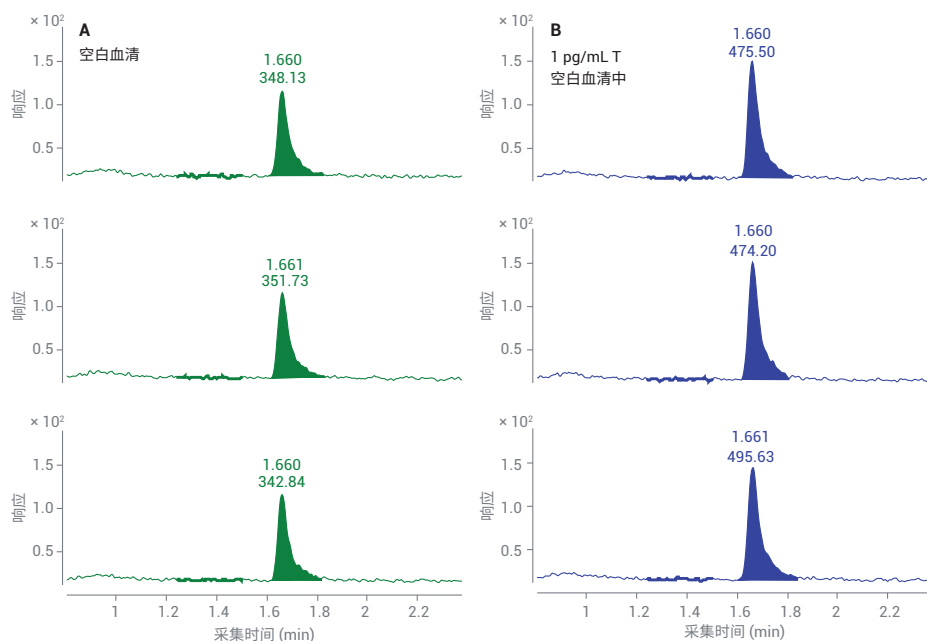


图 2. 空白血清 (A) 和加标 1 pg/mL 睾酮 (T) 的空白血清 (B) 的三次重复进样结果

使用 Agilent Captiva ND^{Lipids}、 BondElut PBA SPE、1290 Infinity 液 相色谱和 6460 三重四极杆 LC/MS 系统通过 LC/MS/MS 定量分析血浆 中的儿茶酚胺类物质

摘要

本研究中开发出了一种用于血浆中去甲肾上腺素、肾上腺素和多巴胺定量的灵敏度高、特异性好的 LC/MS/MS 分析方法。采用 Agilent Captiva ND^{Lipids} 过滤产品和选择性固相萃取流程对血浆进行净化。此分析方法可达到所需的实用灵敏度，同时还能对相当宽动态范围内的分析物进行定量分析。所有化合物均表现出出色的重现性 (CV < 5%)，且所有校准曲线都获得了出色的线性 ($R^2 > 0.9997$)。

实验部分

- **液相色谱系统：** Agilent 1290 Infinity 液相色谱
- **质谱：** 6460 三重四极杆 LC/MS 系统
- **色谱柱：** Agilent Pursuit PFP, 2 × 150 mm, 3 μm (部件号 A3051150X020)；Agilent BondElut PBA 小柱 (100 mg, 3 mL, 部件号 12102127)；Agilent Captiva NDLipids 小柱 (3 mL, 部件号 A5300635)
- **样品前处理：** 样品、血浆基质中的校准品以及对照均通过蛋白质沉淀和脂质去除法进行萃取，然后通过 SPE 进一步净化样品
- **软件：** Agilent MassHunter 工作站软件

结果与讨论

使用 PFP 色谱柱实现了所有分析物的色谱分离，从而消除了产生相同碎片的化合物的干扰 (图 1)。

基质效应介于 42%–119% 之间，回收率则介于 56%–59% 之间（表 1）。因此，虽然在实验中观察到了基质效应，但是通过内标补偿后获得了可接受的回收率，如表 2 和表 3 所示。

连续三天对校准标样进行萃取，以确定日间精密度和准确度。全部三种分析物均得到了可接受的准确度，且线性范围内所有浓度的变异系数均小于 5%（表 2）。分别于连续三天以及一天中三次对 ChromSystems 对照品进行萃取以确定日间和日内变异系数，所得到的变异系数均小于 4%（表 3）。该方法在浓度为 5–2500 pg/mL 的测定范围内具有出色的线性， R^2 值均大于 0.9997。

结论

本研究中开发出了一种用于血浆中肾上腺素、去甲肾上腺素和多巴胺的稳定定量分析方法。利用 Agilent Captiva ND^{Lipids} 过滤和固相萃取产品同时提取出全部三种分析物，并获得了良好的回收率。研究中还开发出了与 LC/MS/MS 条件兼容的分析物的色谱分离方法。

注：有关具体检测操作及参数，请参阅应用简报：5991-6530CHCN 使用 Agilent Captiva ND^{Lipids}、BondElut PBA SPE、1290 Infinity 液相色谱和 6460 三重四极杆 LC/MS 系统通过 LC/MS/MS 定量分析血浆中的儿茶酚胺类物质。

5991-6530CHCN.pdf (agilent.com.cn)

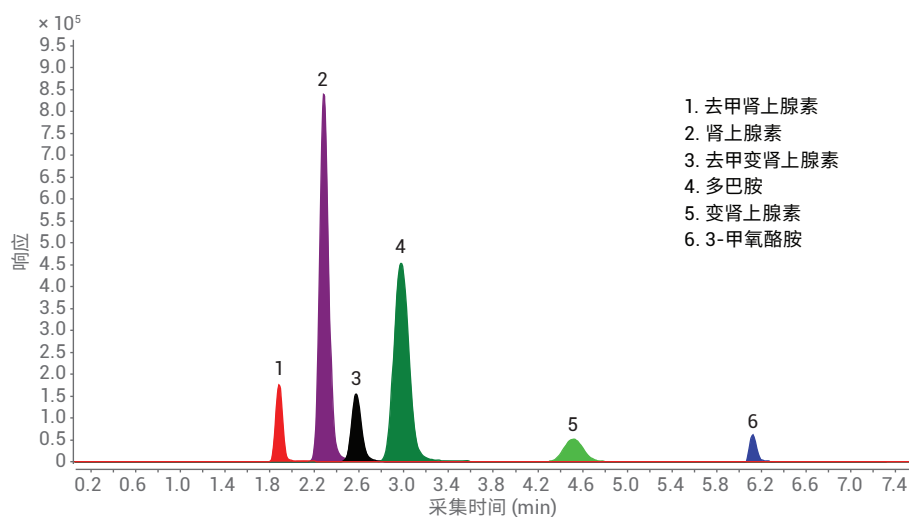


图 1. 儿茶酚胺类、变肾上腺素类和 3-甲氧酪胺的色谱图

表 1. SPE 流程的基质效应和回收率

化合物	基质效应% (n = 3)		回收率% (n = 3)	
	平均值	SD	平均值	SD
去甲肾上腺素	42.3	1.9	56.3	6.3
肾上腺素	70.1	6.6	56.5	2.4
多巴胺	118.5	21.5	58.7	4.3

表 2. 分析物的分析性能汇总

化合物	R^2 (n = 3)	浓度 (pg/mL)	浓度 (nmol/L)	准确度% (n = 3)	日间 CV% (n = 3)
去甲肾上腺素	0.9999	5	0.03	107.6	4.7
		20	0.12	95.4	1.2
		250	1.5	98.6	1.4
		2500	14.8	100.2	0.3
肾上腺素	0.9998	5	0.03	108.4	2.1
		20	0.11	96.5	1.1
		250	1.4	97.5	1.6
		2500	13.6	100.6	0.3
多巴胺	0.9997	5	0.03	108.7	3.2
		20	0.13	98.8	2.6
		250	1.6	98.1	0.9
		2500	16.3	99.6	1.1

表 3. 利用 LC/MS/MS 得到的 ChromSystems 对照品结果

化合物	QC 水平	日内测定值 (n = 3)		日内 CV% (n = 3)	日间测定值 (n = 3)		日间 CV% (n = 3)
		pg/mL	nmol/L		pg/mL	nmol/L	
去甲肾上腺素	0010	240	1.42	3.6	242	1.43	3.0
	0020	1756	10.4	0.7	1767	10.4	0.8
肾上腺素	0010	93.4	0.51	1.6	92.3	0.50	1.2
	0020	451	2.46	0.7	449	2.45	0.4
多巴胺	0010	164	1.07	0.9	162	1.06	0.8
	0020	595	3.88	0.5	597	3.90	0.9

使用 Agilent Bond Elut Plexa SPE 和 LC/MS/MS 测定血清中的激素

摘要

本研究开发出一种用于测定血清中的 13 种激素及其相应内标的方法。本应用简报证明了 Bond Elut Plexa SPE 小柱能够简便且高效地测定血清中的激素。

实验部分

- **液相色谱系统:** Agilent 1290 Infinity 液相色谱
- **质谱:** Agilent 6460A 三重四极杆 LC/MS/MS 系统
- **色谱柱:** Agilent InfinityLab Poroshell HPH-C8, 2.1 mm × 50 mm, 2.7 μm (部件号 699775-706)
- **样品前处理:** Agilent Bond Elut Plexa 固相萃取 (SPE) 小柱
- **软件:** Agilent MassHunter 工作站软件

结果与讨论

SPE 优化

优化 SPE 方法以实现出色回收率和超高干扰去除率。最终, 分别选择 30% MeOH 水溶液和 100% MeOH 作为理想清洗溶剂和洗脱溶剂。

LC/MS/MS 优化

在初始方法中使用 Agilent InfinityLab Poroshell 120 EC-C8 色谱柱 (2.1 × 50 mm, 2.7 μm), 与 Agilent Poroshell 120 EC C18 色谱柱相比, 获得的保留时间更短。

还对含甲酸 (0.1%)、氢氧化铵 (0.02%, pH 10.5) 和氟化铵 (pH 6.2) 的流动相进行了评估。

Poroshell HPH-C8 色谱柱可在 pH 高达 11 的条件下保持稳定, 并提供与 Poroshell 120 EC-C8 色谱柱相似的选择性。利用 Poroshell HPH-C8 色谱柱对氢氧化铵和氟化铵这两种类型的流动相进行方法优化, 并用于最终的分析方法中。氟化铵 (1 mmol/L) 流动相可得到超高的分析物响应, 将其用于最终方法中 (见图 1)。

回收率与重现性

使用上述 SPE 方案萃取预加标血清样品和空白样品，评估回收率和重现性（见表 1）。

结论

开发出一种用于测定血清中 13 种激素的方法。通过加入 1 mmol/L 氟化铵，在正负离子模式下，分析物响应均获得提升。采用 Agilent InfinityLab Poroshell HPH-C8 (2.1 mm × 50 mm, 2.7 μm) 色谱柱可快速完成分析，使三对同质量异构体得到基线分离，且能够兼容宽 pH 范围的流动相。本文所述的方法提供了优异的回收率 (80%–105%) 和较低的 RSD 值 (2.8%–5.8%)。Agilent Bond Elut Plexa SPE 产品几乎无需方法开发，且简便易用，因此是生物分析的理想选择。

注：有关具体检测操作及参数，请参阅应用简报：5991-8042ZHCN 使用 Agilent Bond Elut Plexa SPE 和 LC/MS/MS 测定血清中的激素。

[5991-8042ZHCN.pdf \(agilent.com.cn\)](#)

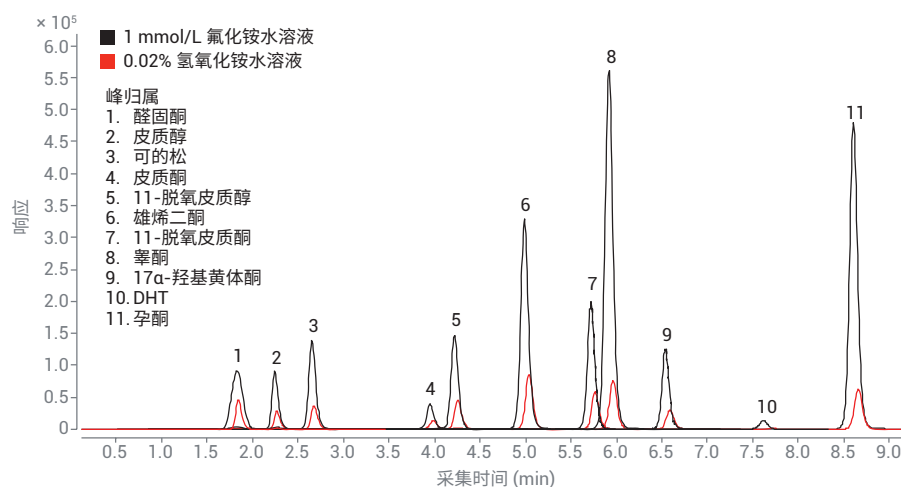


图 1. 使用 1 mmol/L 氟化铵水溶液（黑色迹线）和 0.02% 氢氧化铵水溶液（红色迹线）得到的 100 ng/mL 激素样品的总离子流色谱图。使用 Agilent InfinityLab Poroshell HPH-C8, 2.1 mm × 50 mm, 2.7 μm。为便于对比，采用相同的 LC/MS/MS 梯度。生成这些色谱图后加入 β-雌二醇和雌酮，因此这两种化合物不包括在该色谱图中

表 1. 列出了百分回收率和 RSD 值（在括号内示出），n = 5

分析物	加标浓度 (ng/mL)	%回收率 (RSD)
醛固酮	10	94 (5.8)
皮质醇	10	102 (5.4)
可的松	10	99 (5.7)
皮质酮	10	97 (5.1)
11-脱氧皮质醇	10	97 (3.9)
β-雌二醇	100	81 (5.3)
睾酮	10	86 (3.3)
11-脱氧皮质酮	10	91 (4.6)
雄烯二酮	10	92 (4.7)
雌酮	100	80 (3.9)
17α-羟基黄体酮	10	105 (4.2)
DHT	100	88 (2.8)
孕酮	10	90 (4.0)

使用 ESI 负离子模式和交替色谱柱再生的快速 LC/MS/MS 分析方法，可以同步分析尿液中的巴比妥类化合物和 11-nor-9-羧基- Δ^9 -四氢大麻酚 (THC-A)

摘要

本研究开发出一种快速分析方法，通过交替色谱柱再生 (ACR) 在一次分析中同时分析八种巴比妥类化合物和 THC-A，可提高样品通量。所使用的简单样品前处理技术可在宽动态范围内进行快速分析，具有良好的分析灵敏度和出色的定量结果。

实验部分

- **液相色谱系统:** Agilent 1290 Infinity II HPLC
- **质谱:** 6470 三重四极杆 LC/MS 系统
- **色谱柱:** 2 根 Agilent Poroshell 120 EC-C18, 2.1 × 100 mm, 1.9 μm (部件号 695775-902)
- **样品前处理:** 通过将标准品加入不含药物的人尿样中来配制校准品。按 10:1 稀释并进样
- **软件:** Agilent MassHunter 采集软件 (B.08.00)

结果与讨论

色谱

本研究的重点在于提高通量。因此，在上述色谱条件下，异戊巴比妥和戊巴比妥同分异构体对未实现分离，并报告为单峰。如果需要分离异戊巴比妥与戊巴比妥，应调整梯度和运行时间以实现这些同分异构体之间的基线分离（见图 1）。

校准曲线

所有校准曲线均呈线性，并采用 $1/x$ 作为加权因子。示例如图 2 所示。

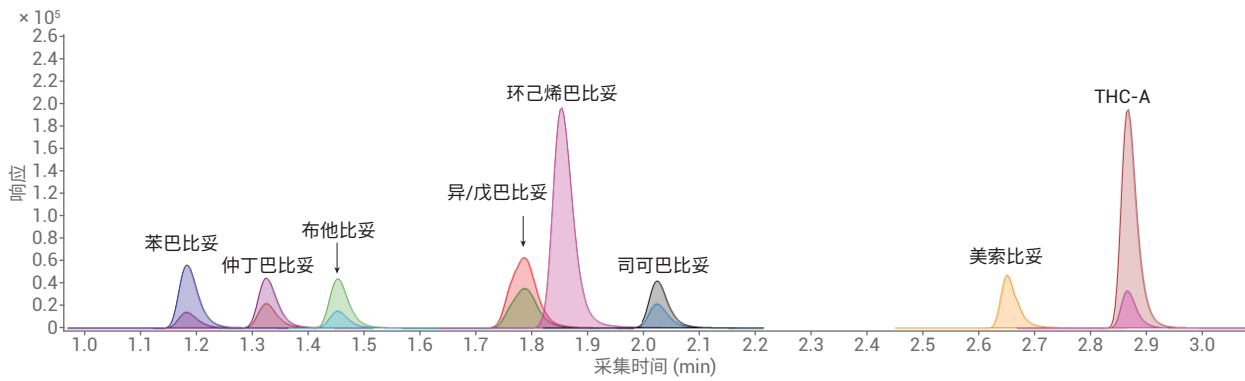


图 1. 显示 500 ng/mL 的九种化合物洗脱情况的 dMRM 色谱图

定量结果

创建了 10 点校准曲线，除异/戊巴比妥和 THC-A 的浓度范围为 0.5 ng/mL 至 500 ng/mL 外，所有其他化合物的浓度范围均为 5 ng/mL 至 5000 ng/mL。所有化合物均在低至 1 ng/mL（异/戊巴比妥和 THC-A 为 0.1 ng/mL）的浓度下进行分析，信噪比为 5 或更高。

结论

本研究将巴比妥类化合物和 THC-A 的检测结合到单个分析方法中，结合 ACR 使进样之间的分析时间缩短至 3.7 分钟，从而使通量提高 26%（尽管异戊巴比妥与戊巴比妥之间未实现分离）。所有化合物的校准曲线均呈线性，相关系数为 0.99 或更高。尿样中加标的异/戊巴比妥和 THC-A 的 LLOQ 为 0.5 ng/mL 或更低，其他化合物的 LLOQ 则为 5.0 ng/mL 或更低。

注：有关具体检测操作及参数，请参阅应用简报：5991-8981ZHCN 同时分析尿液中的巴比妥类化合物和 11-nor-9-羧基- Δ^9 -四氢大麻酚 (THC-A) 的快速 LC/MS/MS 分析方法。

https://www.agilent.com.cn/cs/library/applications/5991-8981ZHCN_LCMSMS_Application.pdf

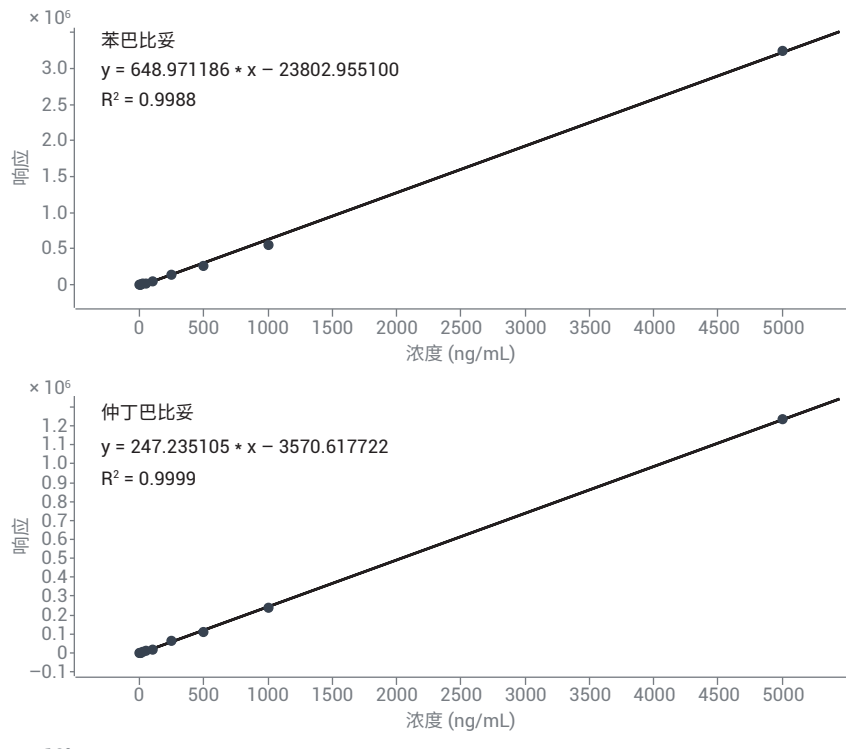


图 2. 校准曲线示例

应用 Agilent Ultivo LC/TQ 对血浆中的褪黑素进行快速的常规定量研究



图 1. 配备标准 ESI 离子源的 Ultivo LC/TQ

摘要

本应用简报介绍了使用 Agilent 1260 Infinity II Prime 液相色谱与配备 ESI 离子源的 Agilent Ultivo 三重四极杆 LC/MS 联用系统对褪黑素 (MEL) 进行的定量研究。对于加标至血浆中的褪黑素-D4 (MEL-D4)，经优化的 LC/MS 方法获得了 10 pg/mL 的定量下限 (LLOQ)。这种高灵敏度的快速研究方法可以定量分析通过简单的蛋白质沉淀方法前处理的复杂人血浆提取物中的低浓度内源性 MEL。

实验部分

- **液相色谱系统:** Agilent 1260 Infinity II Prime 液相色谱仪
- **质谱:** 配备 ESI 离子源的 Agilent Ultivo 三重四极杆 LC/MS 系统
- **色谱柱:** Agilent InfinityLab Poroshell 120 EC-C18, 2.1 × 50 mm, 1.9 μm (部件号 699675-902)
- **样品前处理:** 将蛋白质沉淀法应用于血浆
- **软件:** Ultivo 1.1 Agilent MassHunter LC/MS 数据采集软件

结果与讨论

方法优化

使用 MassHunter Optimizer 软件优化 MEL 和 MEL-D4 的 MRM 离子对 (表 1)。

表 1. 优化的 MRM 离子对参数

化合物	类型	母离子 (m/z)	子离子 (m/z)	碎裂电压 (V)	CE (V)
MEL	定量离子	233.1	174.1	87	12
MEL	定性离子	233.1	159.0	87	32
MEL-D4	定量离子	237.2	178.1	87	12
MEL-D4	定性离子	237.2	163.1	87	32

采用经优化的碎裂电压和碰撞能量 (CE) 与之前使用 MassHunter Optimizer 软件和 Agilent 6470 三重四极杆 LC/MS 获得的值相似。这是一个典型示例, 表明 MRM 方法可以可靠地在不同安捷伦 LC/TQ 仪器之间进行转移。

方法灵敏度、精密度和线性

由于血浆中存在内源性 MEL, 将 MEL-D4 加标至血浆提取物中以测定 MEL 检测限 (LOD)、LLOQ 和定量上限 (ULOQ)。

所有浓度下均获得了出色的分析精密度 (RSD% < 10%) 以及平均准确度 (95%–105%)。校准曲线的相关系数 (R^2) 在四个数量级的动态范围内为 0.998。在 78 次进样中获得了优异的保留时间精度 (RSD% = 0.07%) (见图 1)。

内源性 MEL 定量

本文评估了一种简单的蛋白质沉淀方法对于血浆中 MEL 的提取回收率。MEL-D4 作为 MEL 的替代物, 用于计算回收率百分比。平均回收率为 95.0% ($\pm 6.0\%$, 1 SD)。

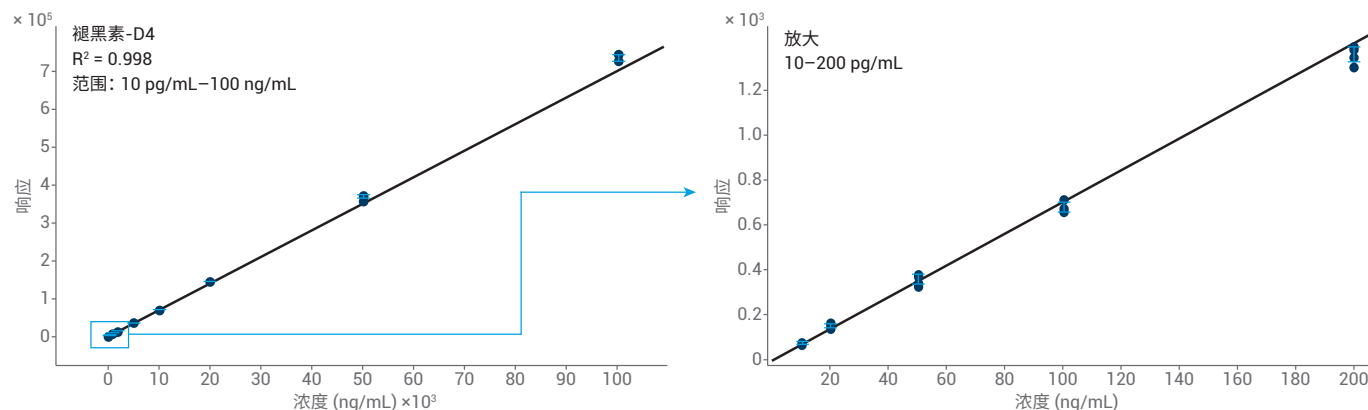
通过加标至 NIST SRM 1950 血浆提取物中的 MEL-D4 的外部校准曲线计算内源性 MEL。为了考虑样品前处理过程中的损失, 使用预加标的 MEL-D4 的 MRM 峰面积观测值与预期值之间的比值对浓度计算值进行校正。人血浆中内源性 MEL 的平均浓度为 40.8 pg/mL。

结论

本应用简报证明 Ultivo-ESI 具有与标准 Ultivo 系统相媲美的出色性能。它实现了定量研究血浆中低 ppt 级褪黑素所需的分析灵敏度。此系统也是一款经济适用的仪器, 能够定量血浆中低浓度的内源性褪黑素, 并且仅需极少的样品前处理。

注: 有关具体检测操作及参数, 请参阅应用简报: 5994-0533ZHCN 利用 Agilent Ultivo LC/TQ 对血浆中的褪黑素进行快速的常规定量研究。

[application-melatonin in plasma-5994-0533zh-cn-agilent.pdf](#)



褪黑素-D4	浓度												
	10	20	50	100	200	500	1000	2000	5000	10000	20000	50000	100000
平均准确度 (% , n = 6)	99.5	102.3	100.0	95.6	96.2	96.9	99.1	99.0	99.6	99.9	102.7	104.8	104.3
重现性 (%RSD, n = 6)	6.5	7.2	5.8	3.0	2.4	1.4	1.1	1.1	0.7	0.6	0.9	1.5	1.2

图 1. 加标至血浆提取物中的 MEL-D4 的校准曲线。表中列出了每个浓度下的平均准确度和精密度 (%RSD)

采用安捷伦三重四极杆 LC/MS/MS 系统联合自动化在线样品净化技术快速分析全血中的环孢素 A、依维莫司、西罗莫司以及他克莫司

摘要

本研究建立了一种高灵敏度、高特异性的分析方法，用于定量分析一组环孢素 A (CsA)、依维莫司 (Eve)、西罗莫司 (Sir) 以及他克莫司 (Tac)。该方法运行时间为 2 分钟，适于同时定量分析全血中的所有四种分析物。

实验部分

- **质谱：** 配备安捷伦喷射流离子源的 Agilent 6460/6470 三重四极杆质谱仪
- **色谱柱：** 捕集柱：Agilent ZORBAX Eclipse Plus C18, 2.1 × 12.5 mm, 5 μm (部件号 821125-936) 分析柱：Agilent Poroshell 120 EC-C18, 3 × 50 mm, 2.7 μm (部件号 699975-302)
- **样品前处理：** 全血基质中的所有校准品、QC 样品和样品都采用一种简单的蛋白沉淀法进行前处理
- **软件：** Agilent MassHunter 定量软件 B.07.00

结果与讨论

在两套仪器上，所有分析物均获得了优异的线性，测试的所有 11 个浓度水平的线性曲线 R^2 值都大于 0.995。每种分析物保留时间的一致性保证了该方法的重现性。低线性浓度水平下对分析物足够的响应确保了实验中的最低浓度也得到了准确定量。

使用市售校准品 (ChromSystems) 和 QC 样品 (BioRad) 进行了日间进样以评估该方法的准确度和稳定性。由 4 名不同的操作人员在 14 天内采集数据。每个浓度 QC 样品的实测准确度在表 1 中列出。

表 1. BioRad QC 结果

化合物	目标 (ng/mL)	平均值 (ng/mL)	准确度 (%)	CV (%)
CsA	95.6	95.6	100.0	6.3
	187.0	197.6	105.7	4.9
	307.0	321.6	104.8	4.8
Sir	5.1	4.8	94.1	13.9
	8.5	8.6	101.2	11.5
	17.3	17.9	103.5	10.4
Tac	4.2	4.5	107.1	7.4
	7.6	7.7	101.3	6.6
	12.5	13.1	104.8	7.9

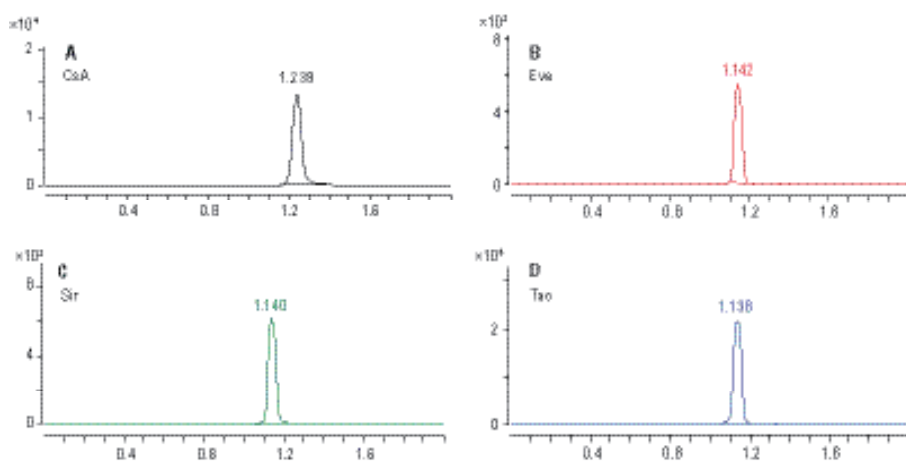


图 3. 环孢素 A (A)、依维莫司 (B)、西罗莫司 (C) 和他克莫司 (D) 定量 MRM 离子对色谱图

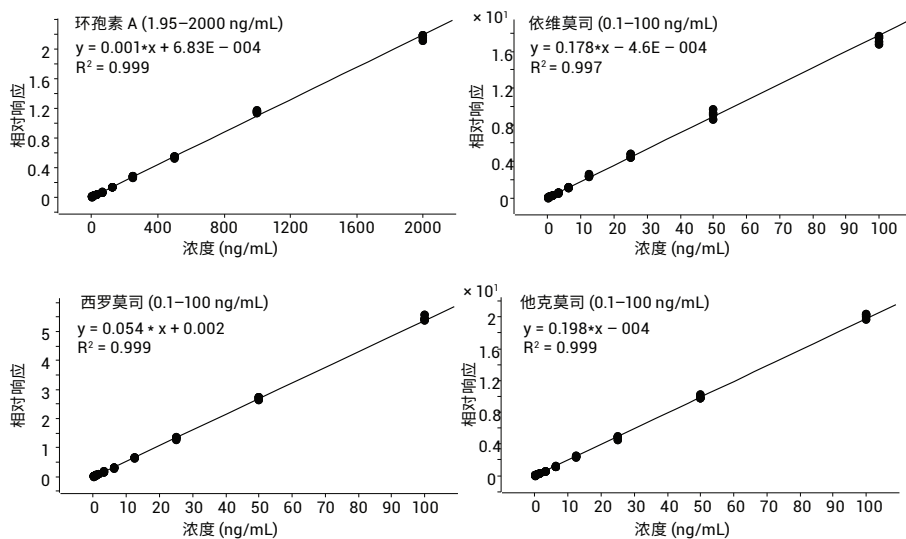


图 4. 环孢素 A (A)、依维莫司 (B)、西罗莫司 (C) 和他克莫司 (D) 11 种浓度，44 个数据点校准曲线 (类型：线性，原点：忽略，加权：1/x)

结论

使用 Agilent 6460 或 6470 三重四极杆质谱仪开发出一种用于定量分析环孢素 A、依维莫司、西罗莫司以及他克莫司的高通量、2 分钟分析方法。在经过简单的蛋白质沉淀后，自动进行在线样品净化，大幅减小了因血液中的生物化合物导致的基质效应和离子抑制。采用这种方法实现了全血基质中所有四种分析物可靠且快速的定量分析。所有分析物经证实所需的范围内都具有良好的线性。

注：有关具体检测操作及参数，请参阅应用简报：5991-3344CHCN 采用安捷伦三重四极杆 LC/MS/MS 系统联合自动化在线样品净化技术快速分析全血中的环孢素 A、依维莫司、西罗莫司以及他克莫司。

5991-3344CHCN.pdf (agilent.com.cn)

使用 Agilent Captiva EMR-Lipid 分析生物样品中的维生素 D 代谢物

摘要

开发出一种稳定可靠的样品前处理方法检测生物样品中的维生素 D 代谢物，其使用 Agilent Captiva EMR-Lipid 进行基于 96 孔板的原位蛋白质沉淀和通过型脂质净化。由于可实现高效脂质去除，因此该方法与蛋白质沉淀相比，其分析灵敏度和稳定性均得到显著改善，而这一改善也通过柱后注射、基质效应和磷脂分析实验得到了证实。

实验设计

液相色谱系统：Agilent 1290 Infinity II 液相色谱仪

质谱：采用安捷伦喷射流技术的 Agilent 6460 三重四极杆 LC/MS 系统

色谱柱：Agilent InfinityLab Poroshell 120 EC-C18 液相色谱柱, 2.1 × 50 mm, 2.7 μm (部件号 699775-902)

样品前处理：Agilent Captiva EMR-Lipid

软件：Agilent MassHunter 工作站软件

结果与讨论

线性

使用 MassHunter 定量分析软件处理数据。使用线性回归拟合和 $1/x^2$ 加权，获得的 10–750 ng/mL 范围内的 25-OH D2 和 D3 的校准曲线的 R^2 值介于 0.992 和 0.997 之间。所有校准品的准确度都在预期值 $\pm 10\%$ 以内。

准确度和精密度结果

本研究在日内和日间考察中得到了出色的准确度和精密度结果。所有 QC 的准确度为 90%–110%，且 %RSD < 10。在所有浓度下，不经内标校正的 QC 的绝对回收率均介于 89%–106% 之间，且 %RSD < 15，证明 Captiva EMR-Lipid 不保留 25-OH 维生素 D。在任何空白或双空白样品中均未检出交叉污染。

利用 LC/MS/MS 监测磷脂去除

磷脂去除分析使用 MS/MS 母离子扫描 ($m/z = 184$)，如图 1 所示。计算得到 Captiva EMR-Lipid 的基质去除率为 99.53%。

基质效应

在 Captiva EMR-Lipid 工作流程 (A) 之后以及 PPT (B) 之后, 向血浆样品后加标 50 ng/mL 的 25-OH D2 和 D3, 对响应重现性和相对峰面积进行比较。PPT 样品的分析物响应比经 Captiva EMR-Lipid 处理的样品低 80%, 且可变峰面积的 %RSD > 25。

柱后注射

将 50 ng/mL 25-OH D2 和 D3 的溶液泵入液相色谱柱后 T-in。然后注入空白血浆样品。图 2B 显示出与抑制区共流出的 25-OH D2 和 D3。图 2A 叠加图显示, 采用 Captiva EMR-Lipid 除去抑制信号后显著提高了分析物响应。

利用 Agilent Captiva EMR-Lipid 进行的样品前处理

EMR-Lipid 板提供了简便易用的高效净化方法, 使维生素 D 代谢物获得了较高的分析物回收率和精密度。可高效滤除蛋白质而不发生堵塞, 始终如一地提供用于进样的洁净洗脱液。对于各种样品类型, 所有主要脂类的基质去除率始终较高, 其中一些超出了本研究的范围。

结论

使用 Agilent Captiva EMR-Lipid 96 孔板对维生素 D 代谢物进行多日方法验证, 获得了优异的准确度 (90%–110%)、精密度 (RSD < 10%) 和净化结果 (磷脂去除率 > 99%)。使用原位蛋白质沉淀可有效滤除血浆和血清样品中的蛋白质, 不发生堵塞, 同时可采用新开发的 EMR-Lipid 吸附剂捕获脂质。该方法易于执行、快速, 并可实现优异的基质去除, 可确保获得超高的分析灵敏度、最小的交叉污染和高重现性。

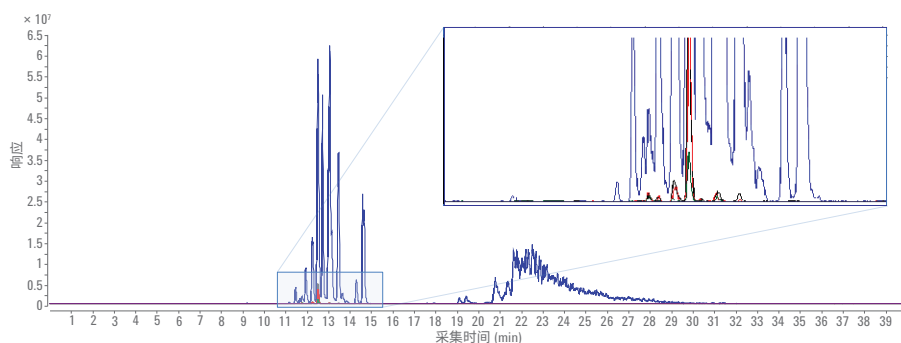


图 1. 磷脂分析离子 ($m/z = 184$) 扫描叠加图。蓝色迹线 = PPT。绿色、红色和黑色迹线 = Agilent Captiva EMR-Lipid ($n = 3$)

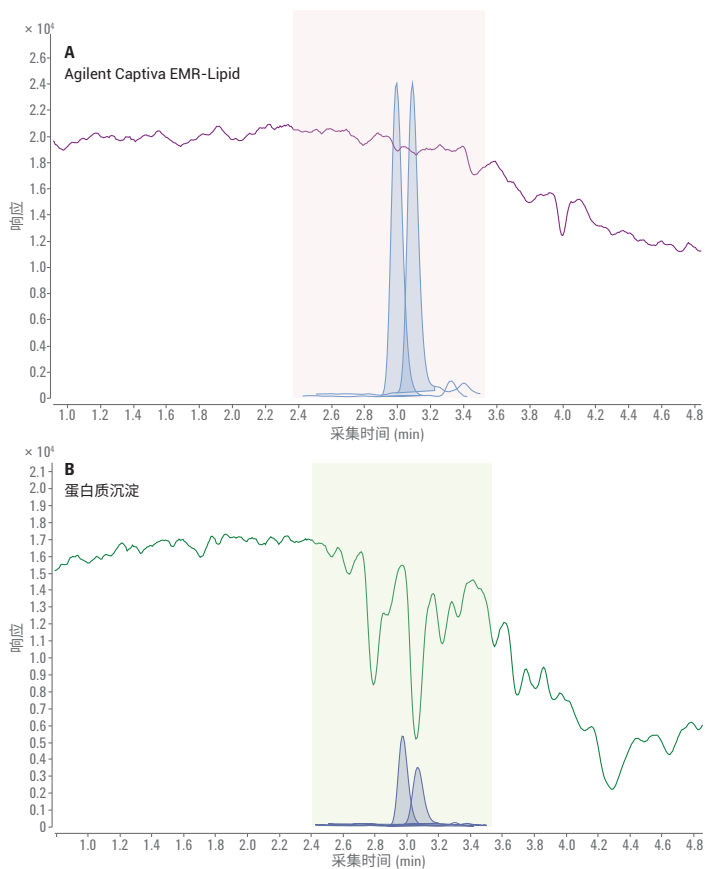


图 2. 50 ng/mL 柱后注射迹线的叠加色谱图。仅 PPT (B), Agilent Captiva EMR-Lipid (A)

注: 有关具体检测操作及参数, 请参阅应用简报: 5991-7956CHCN 使用 Agilent Captiva EMR-Lipid 分析生物样品中的维生素 D 代谢物。

[5991-7956CHCN.pdf \(agilent.com.cn\)](#)

蛋白组学和代谢组学分析

采用与 Agilent 1290 Infinity II 液相色谱系统联用的 Agilent 6495 三重四极杆 LC/MS 系统定量分析血浆中的多肽

摘要

本应用简报展示了使用 Agilent 1290 Infinity II 液相色谱系统与配备喷射流离子源的 Agilent 6495 三重四极杆 LC/MS 联用系统，对人血浆中的蛋白质生物标记物衍生肽进行基于多反应监测 (MRM) 的 LC/MS 分析所得到的定量灵敏度、精密度和准确度。结果表明，使用这种标准的基于流动的 LC/TQ 系统对人血浆中的肽进行定量分析获得了出色的性能。

实验部分

- **液相色谱:** Agilent 1290 Infinity II 液相色谱系统
- **质谱:** 配备喷射流离子源的 Agilent 6495C 三重四极杆 LC/MS 系统
- **色谱柱:** Agilent ZORBAX RRHD Eclipse Plus C18, 2.1 × 150 mm, 1.8 μm (部件号 959759-902)
- **样品前处理:** 将人血浆用胰蛋白酶消解，然后加入九种不同浓度的稳定同位素标准 (SIS) 肽混合物
- **软件:** Agilent MassHunter 工作站定量分析软件 (v10.1)

结果与讨论

1290 Infinity II 液相色谱系统提供了优异的色谱分离。肽保留时间与其相应的 RSD 的分布显示，RSD 范围为 0.01%–0.42%，中值 RSD 为 0.13%。

为评估肽定量分析的定量灵敏度、精密度和准确度，在人血浆消解物中加入 9 种不同浓度的 SIS 肽混合物，然后用于生成 99 种 SIS 肽的标准曲线。图 1 和表 1 显示了其中一种 SIS 肽（来自血浆中载脂蛋白 M 的 AFLLTPR）的优异的定量性能^[1]。

结论

本应用简报介绍了 6495 三重四极杆 LC/MS 系统在人血浆中肽的定量分析分析中的整体分析灵敏度。使用第三方供应商提供的市售生物标记物评估试剂盒，展示了与 1290 Infinity II 液相色谱系统和喷射流离子源联用的 6495 LC/TQ 的出色性能。

参考文献

1. Robust and Reproducible Protein Quantification in Plasma using the Evosep One and the Agilent 6495 Triple Quadrupole LC/MS (使用 Evosep One 和 Agilent 6495 三重四极杆 LC/MS 系统对血浆中的蛋白质进行稳定且可重现的定量分析)，安捷伦科技公司应用简报，出版号 5994-1928EN，2020

注：有关具体检测操作及参数，请参阅应用简报：5994-2285EN 采用与 Agilent 1290 Infinity II 液相色谱系统联用的 Agilent 6495 三重四极杆 LC/MS 系统定量分析血浆中的多肽。

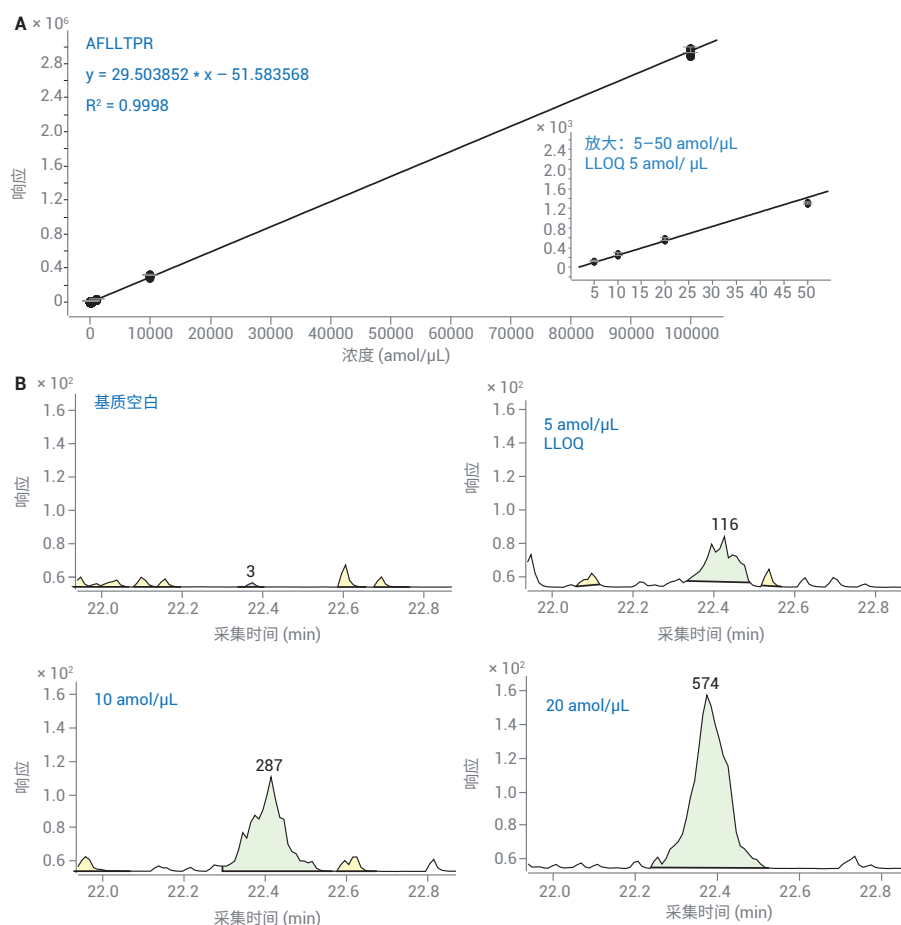


图 1. 来自血浆中载脂蛋白 M 的 SIS 肽 AFLLTPR 的定量性能。(A) 1 $\mu\text{g}/\mu\text{L}$ 血浆消解物中 SIS 肽 AFLLTPR 在 5 $\text{amol}/\mu\text{L}$ 至 100 $\text{fmol}/\mu\text{L}$ 范围内的标准曲线，插图显示了 5–50 $\text{amol}/\mu\text{L}$ 范围内的曲线详情。(B) 肽 AFLLTPR 的提取离子色谱图，示出 LLOQ

表 1. 采用 Agilent 6495 三重四极杆 LC/MS 系统分析 1 $\mu\text{g}/\mu\text{L}$ 血浆消解物中的 SIS 肽标准品 AFLLTPR 所得到的精密度和准确度

含量 ($\text{amol}/\mu\text{L}$)	平均响应	RSD (%) (n = 5)	准确度 (%) (n = 5)
基质空白	3	NA	NA
5	117	9.3	114.2
10	251	9.7	102.4
20	562	4.6	104.0
50	1295	1.6	91.3
100	2925	4.1	100.9
200	5174	3.3	88.6
1000	28396	1.3	96.4
10000	302313	2.5	102.5
100000	2944790	1.1	99.8

从纳流到标准流 LC/MS，用于糖尿病肾病研究的常规定量血浆蛋白质组学分析

摘要

本应用简报探讨了将基于纳流 LC/MS 的 PromarkerD 方法转换至标准流 LC/MS 平台的可行性。结果表明，与对应的纳流系统相比，安捷伦标准流系统的总体数据相当。成功检测全血浆中的四种 Promarker 蛋白质，结果与耗竭血浆分析结果相当，突出显示了 6495 LC/TQ 在生物标记物研究的常规蛋白质测量中所提供的分析灵敏度。

实验部分

- **液相色谱:** Agilent 1290 Infinity II 液相色谱系统
- **质谱:** Agilent 6495B 三重四极杆 LC/MS 系统
- **色谱柱:** Agilent ZORBAX Eclipse Plus C18 快速分离色谱柱, 50 × 2.1 mm, 1.8 μm (部件号 959757-902)
- **软件:** Skyline

结果与讨论

纳流与标准流的比较

Proteomics International (PI) 配制了 12 个血浆样品，且 PI 使用非安捷伦纳流 LC/TQ 平台分析了一组等分试样，然后将另一组等分试样发送至 Atturos 并使用安捷伦标准流 6495 LC/TQ 进行分析。总体而言，观察到一致的趋势（图 1）。对偏差结果进行人工检查，确认由标准流平台获得的数据质量良好。

耗竭血浆与全血浆在 6495 LC/TQ 上的分析

使用 Agilent 6495 LC/TQ 测量参比全血浆和去除了前 14 种血清蛋白的参比血浆中的四种 PromarkerD 生物标记物。在包含至少一种肽的参比全血血浆中，可以检测到所有四种蛋白质生物标记物。

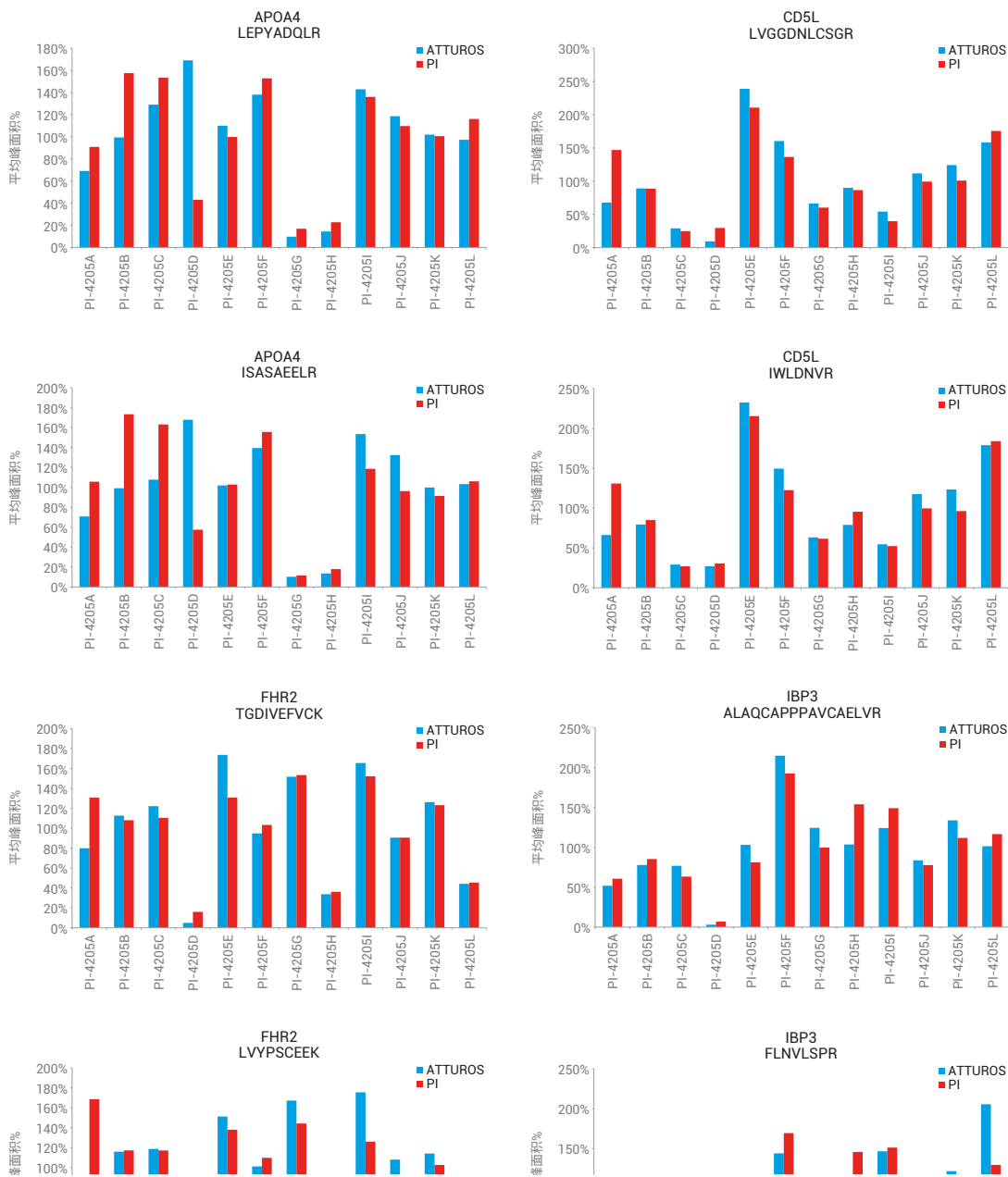


图 1. PI 利用纳流 LC/TQ (红色数据条) 和 Atturos 利用标准流 LC/TQ (蓝色数据条) 分析 12 个血浆样品中来自四种选定蛋白质 (APOA4、CD5L、FHR2 和 IBP3) 的八种肽所得到的结果比较。个体受试者中给定肽的峰面积表示为该肽在 12 个血浆样品中的平均峰面积的百分比

结论

本应用简报证明, 将用于血浆中肽定量分析的动态 MRM 方法从纳流平台转换至标准流 LC/TQ 平台是可行的。Agilent 6495 LC/TQ 提供的分析灵敏度表明, 可以使用该标准流 LC/TQ 系统对复杂基质中的蛋白质进行常规测量, 以用于未来潜在的临床研究分析方法开发。

参考文献

1. Peters, K. E. *et al.* Validation of a Protein Biomarker Test for Predicting Renal Decline in Type 2 Diabetes: The Fremantle Diabetes Study Phase II. *J. Diabetes Complications* **2019** Aug 27, 107406

注: 有关具体检测操作及参数, 请参阅应用简报: 5994-2381EN [从纳流到标准流 LC/MS, 用于糖尿病肾病研究的常规定量血浆蛋白质组学分析](#)。

利用 LC/MS/MS 测量 D-2-羟戊二酸和 L-2-羟戊二酸对映体以及 α -酮戊二酸

摘要

文献报道显示，2-羟基戊二酸 (2-HGA) 对 α -酮戊二酸 (α KG) 的比值与肿瘤表型相关。将 Agilent 1290 Infinity II 液相色谱系统与配备安捷伦喷射流离子源的 Agilent 6490 三重四极杆 LC/MS 系统联用，使用 (+)-o,o-二乙酰-L-酒石酸酐 (DATAN) 对 2-HGA 进行衍生化，可以在不用手性固定相的情况下分离两种所得非对映异构体，并使用 C18 色谱柱实现未经衍生化的 α KG 的分离。利用该方法在 0.34–135.04 $\mu\text{mol/L}$ 范围内获得了线性标准曲线， R^2 值 > 0.9，且基质效应低。

实验部分

- **液相色谱:** Agilent 1290 Infinity II 液相色谱仪
- **质谱:** 配备安捷伦喷射流离子源的 Agilent 6495 三重四极杆 LC/MS 系统
- **色谱柱:** Agilent ZORBAX SB-C18, 4.6 \times 150 mm, 5 μm
- **软件:** Agilent MassHunter 定量分析软件

结果与讨论

该方法经过充分测试，在采集的样品中表现出良好的精密度和回收率，定量限 (LOQ) 为 0.20 $\mu\text{mol/L}$ 。

根据一天内单次运行所得到的任意给定含量的五次重复测量结果，估算分析精密密度。

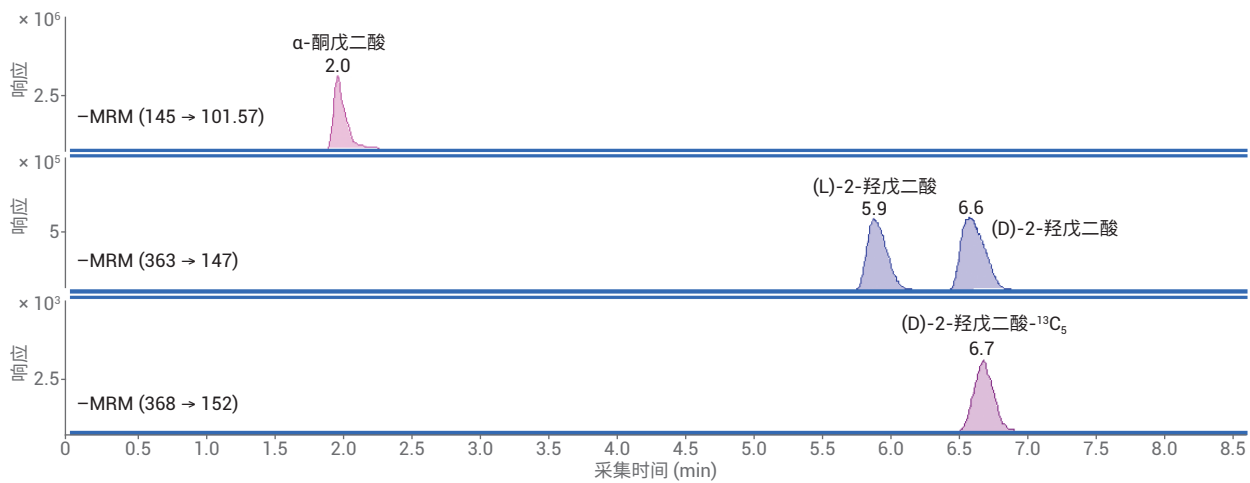


图 1. 代表 (D) 和 (L)2-HGA、D-2-HGA-¹³C₅ 和 αKG 分离结果的标准 MRM 色谱图

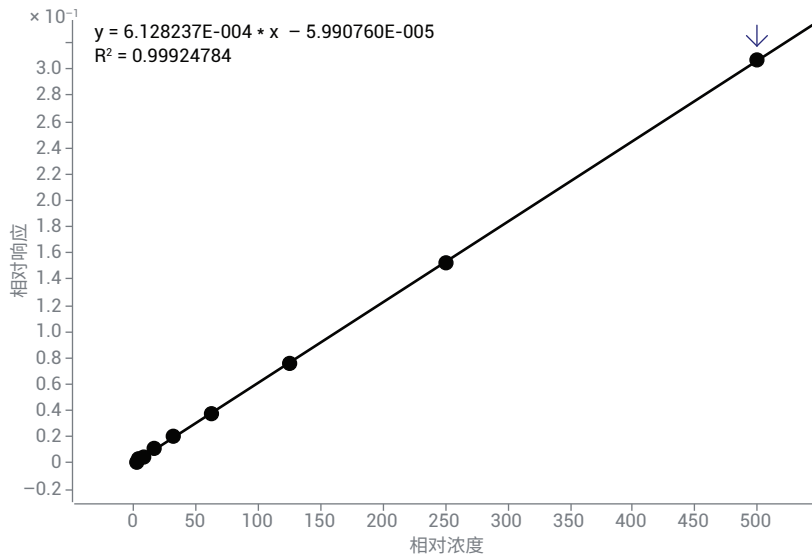


图 2. αKG 的校准曲线

结论

这种单一 LC/MS/MS 方法在经过 DATAN 衍生化程序后开发出来，可以对生物体液（血清和血浆）中的 (L) 和 (D)2-HGA 以及未经衍生化的 αKG 进行定量分析。该方法可用作临床研究工具以及转化研究的预测性生物标记物。

生成的结果可用于计算 2-HGA 相对于存在的 αKG 含量的比值，该比值将与表型相关。我们的 LC/MS/MS 方法表现出快速分离和良好的灵敏度，无需使用手性柱即可测定两种对映异构体。此外，获得的 LOQ 值与使用先前所述的方法所得到的值相当。

注：有关具体检测操作及参数，请参阅应用简报：5994-0341EN [利用 LC/MS/MS 测量 D-2-羟戊二酸和 L-2-羟戊二酸对映体以及 α-酮戊二酸。](#)

利用 Agilent StreamSelect 液质联用系统大大提高三重四极杆质谱仪的分析效率

摘要

本应用简报展示了 Agilent StreamSelect 液质联用系统如何能够提高传统液质联用分析的通量。通过在两套高效液相色谱系统上镜像设置一种液相色谱方法，并与单台三重四极杆质谱仪协调使用，最高可获得两倍的通量。

Agilent MassHunter StreamSelect 软件仅需极少的用户输入，且能够兼容现有的液质联用方法。根据提供的参数，软件可以确定高效的进样方式并能自动分析样品。

此前开发的用于分析 25-OH 维生素 D2 和 D3 的液相色谱-质谱/质谱联用方法，采用一套高效液相色谱 (HPLC) 流路^[1]。为证明液质联用系统能够在提高分析效率的同时，保持优异的稳定性和可靠性，在 StreamSelect 液质联用系统上实施该方法。

实验部分

- **液相色谱:** Agilent StreamSelect LC/MS 系统
- **质谱:** 采用安捷伦喷射流技术的 6460 三重四极杆质谱仪
- **色谱柱:**
 - 捕集柱: Agilent Eclipse Plus C18 保护柱, 2.1 × 12.5 mm, 5 μm
 - 分析柱: Agilent Poroshell 120 EC-C18, 2.1 × 50 mm, 2.7 μm
- **软件:** Agilent MassHunter StreamSelect 软件

结果与讨论

在此前开发的使用单一高效液相色谱流路的方法中，发现质谱仪采集的数据中有 50% 以上都是不需要的，因为目标分析物只会在较窄的保留时间窗口内洗脱出来。StreamSelect 系统通过镜像配置单一流路系统的组件，提供了第二流路，第二流路与第一流路并联运行。通过载入标准液质联用方法并指定目标分析物的洗脱时间，MassHunter StreamSelect 软件便能确定分析一批样品最高效的进样方法。通过在并联流路中交错进样并在适当时间切换两种流路，使得 StreamSelect 系统的通量最高可以达到标准液质联用系统的二倍 (图 1)。

两个并联液相色谱系统表现出优异的一致性，两种 25-OH 维生素 D2 和 D3 的定量结果 $R^2 > 0.999$ (图 2)。两个流路之间的保留时间差异也很小，RSD 远低于 10%。

由于两个液相色谱系统和质谱装置都由一套集成式自动化软件进行控制，因此还可实现优异的可靠性和耐用性。如果批量运行过程中发生系统错误，系统将自动重新安排样品在单液相色谱系统上进行分析，而不会损失任何样品。

结论

使用此前开发的用于测量血清中 25-OH 维生素 D2 和 D3 的分析方法对 StreamSelect 液质联用系统进行了评估。由两个并联高效液相色谱流路和单一的三重四极杆质谱仪组成了完全集成式液质联用系统，通过 MassHunter StreamSelect 软件进行协调。

用户选择标准液质联用方法时无需进行特殊的方法开发，您可以定义目标分析物洗脱的时间，该软件便可自动设置所有必要的时间点以协调分析过程。使用 StreamSelect 液质联用系统不仅可以获得与此前开发的方法相媲美的灵敏度、线性和重现性，还能够提高单台三重四极杆质谱仪的分析效率。本应用简报表明 StreamSelect 液质联用系统有望作为提高各种 LC/MS 分析效率的潜在解决方案

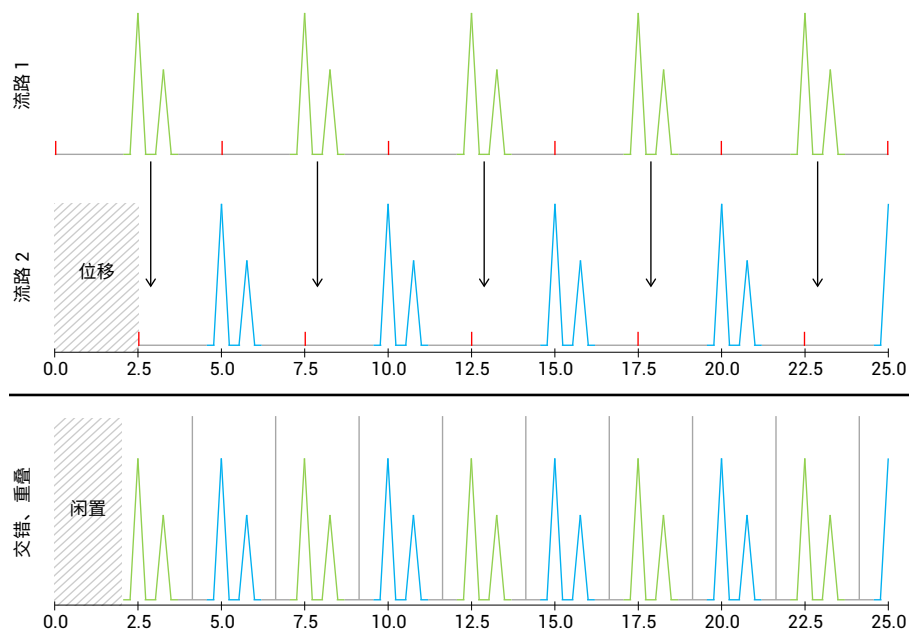


图 1. StreamSelect LC/MS 系统通过交错运行两个平行液相色谱流路分析并自动协调质谱分析来大幅增加质谱仪的使用效率

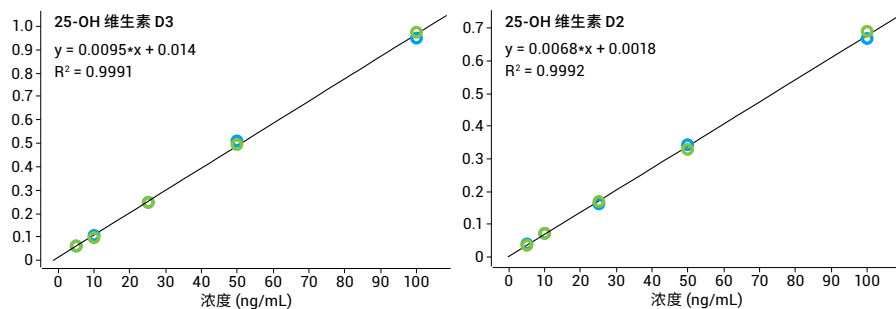


图 2. 通过两个液相色谱系统得到的 25-羟基维生素 D2 和 D3 合并校准曲线：流路 1 (绿色) 和流路 2 (蓝色)

参考文献

1. Doyle, R.; Szczesniewski, A.; McCann, K. 使用安捷伦三重四极杆 LC/MS 系统和自动化在线样品净化技术快速分析血清中的 25-羟基维生素 D, 安捷伦科技公司, 出版号 5991-2035CHCN, 2013

注：有关具体检测操作及参数，请参阅应用简报：5991-2900CHCN 利用 Agilent StreamSelect 液质联用系统大大提高三重四极杆质谱仪的分析效率。
5991-2900CHCN.pdf (agilent.com.cn)

使用 MassHunter StreamSelect LC/MS 系统对尿样中的大麻素及其 代谢物进行分析

摘要

开发出一种使用液相色谱三重四极杆质谱联用系统 (LC/MS/MS) 分析六种大麻素的高选择性分析方法。采用 6 分钟色谱法分离大麻二酚 (CBD)、大麻二酚酸 (CBDA)、大麻酚 (CBN)、四氢大麻酚 (THC)、nor-9-羧基- Δ 9-四氢大麻酚 (THC-COOH) 和 11-羟基- Δ 9-四氢大麻酚 (THC-OH)。使用 Agilent MassHunter StreamSelect LC/MS 软件在一台质谱仪上同时运行四次交错色谱分析，样品通量几乎翻两番。

实验部分

- **液相色谱:** Agilent StreamSelect LC/MS 系统
- **质谱:** 采用喷射流技术的 Agilent 6470 三重四极杆质谱仪
- **色谱柱:** Agilent Poroshell 120 EC-C18, 2.1 × 50 mm, 2.7 μ m
- **样品前处理:** 将尿液样品用含有标记内标的 70% 甲醇按 1:10 的比例稀释
- **软件:** Agilent MassHunter StreamSelect 软件

结果与讨论

StreamSelect 在 24 小时内采集了 894 个样品的数据，相当于每次分析仅需 97 秒。与使用传统 LC/MS 执行相同分析需要六分钟的运行时间相比，这使样品通量提高了 3.7 倍。

在各个流路内和流路间，色谱结果保持良好的稳定性和重现性 (图 1 和 2)。在接近 27 小时的分析过程中，在四个液相色谱流路中运行了 1000 个相同的尿液样品，其中各自包含六种分析物 (100 ng/mL)。保留时间 %RSD 优异，范围为 0.43%–1.54%。

无论是单独校准还是合并校准，所有流路都表现出优异的定量结果，线性范围为 5–5000 ng/mL (图 3; THC 代表获得的所有结果)。在 200 ng/mL 样品的重复进样中，得到所有分析物的准确度范围为 95.3%–109.1%，%RSD 范围为 0.47%–2.79%。

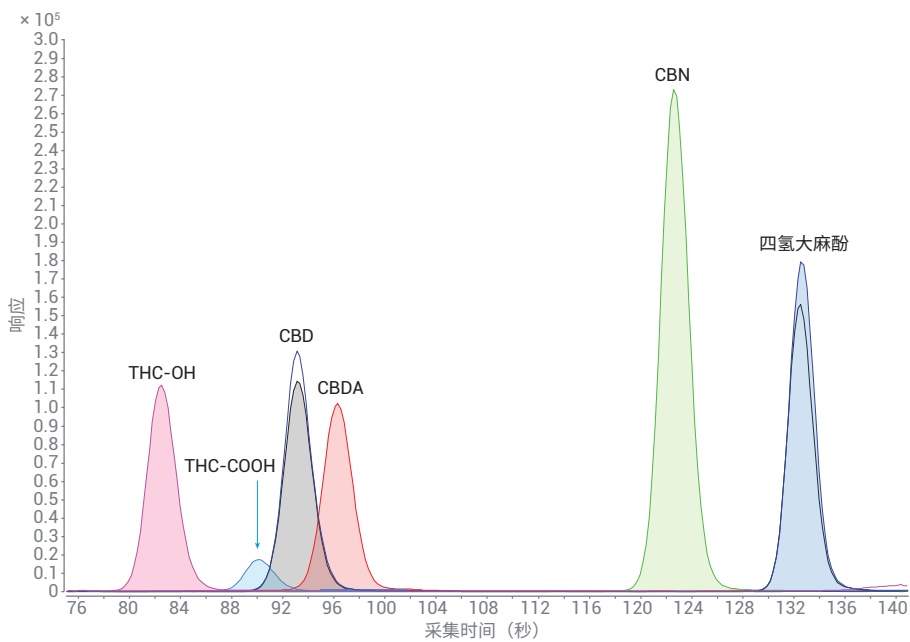


图 1. 六种大麻素代谢物的色谱分离结果

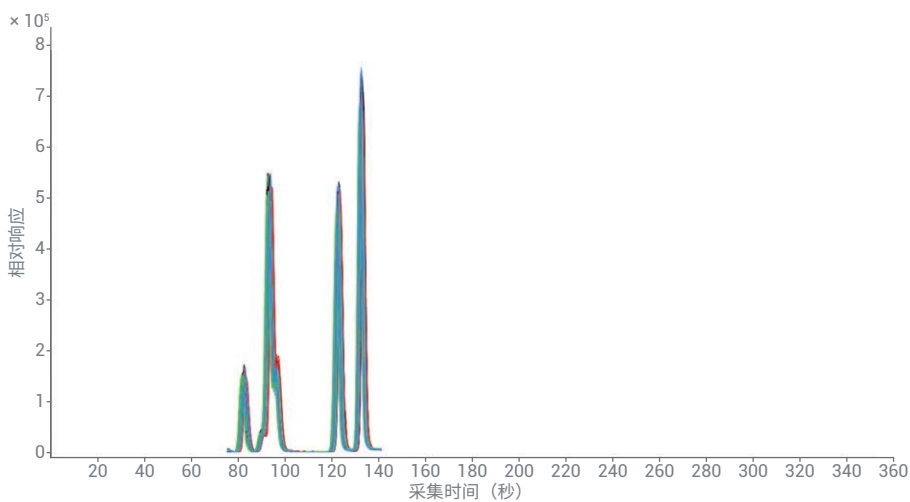


图 2. 来自流路 1 (黑色)、2 (红色)、3 (绿色) 和 4 (蓝色) 的叠加色谱图

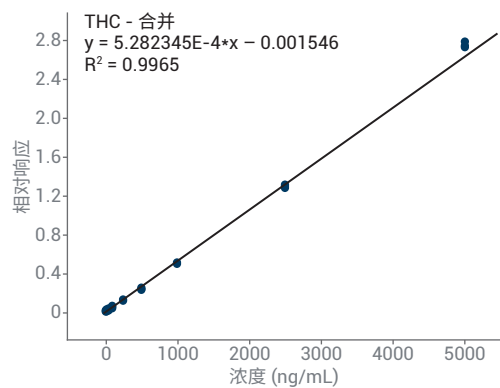


图 3. THC 的合并校准曲线, 由来自所有四个流路的校准品组成

结论

开发出一种用于分析六种大麻素的稳定且准确的 LC/MS/MS 方法。通过在四流路 StreamSelect 仪器上运行该方法，每个样品的数据采集时间缩短至 1.5 分钟。所有四个流路的定量结果和保留时间保持高重现性，意味着无论使用哪个流路分析样品，均可获得可靠的结果。此外，由每个流路得到的校准曲线表现出优异的一致性，且在单独处理或合并为单一校准曲线时得到了等效的定量结果。

注：有关具体检测操作及参数，请参阅应用简报：5994-0879EN 使用 MassHunter StreamSelect LC/MS 系统对尿液中的大麻素及其代谢物进行快速多重分析。

了解更多信息：

www.agilent.com

如需获取技术问题的答案和安捷伦社区的资源，请访问：

community.agilent.com

安捷伦客户服务中心：

免费专线：800-820-3278

400-820-3278（手机用户）

联系我们：

LSCA-China_800@agilent.com

在线询价：

www.agilent.com/chem/erfq-cn

仅限科研使用。不用于临床诊断用途。

RA44362.6375578704

本文中的信息、说明和指标如有变更，恕不另行通知。

© 安捷伦科技（中国）有限公司，2021
2021年8月20日，中国出版
5994-2972ZHCN

