

基质分散固相萃取联合在线凝胶渗透色谱-气相色谱-串联质谱法测定湖南省市售茶叶中 9,10-蒽醌的含量

李谭瑶,冯家力,曾栋,陈东洋,卢岚,刘先军

湖南省疾病预防控制中心,湖南 长沙 410005

摘要: **目的** 建立基质分散固相萃取(quick, easy, cheap, effective, rugged and safe, QuEChERS)联合在线凝胶渗透色谱-气相色谱-串联质谱(gel permeation chromatography-gas chromatography-mass/mass spectrometry, GPC-GC-MS/MS)测定茶叶中 9,10-蒽醌含量的快速检测方法,并对湖南省内市售茶叶进行 9,10-蒽醌残留量检测和结果分析。**方法** 茶叶中的 9,10-蒽醌以 1:1 环己烷-乙酸乙酯提取后,经 QuEChERS 方法净化,进 GPC-GC-MS/MS 联用仪分析检测,以同位素 d8-蒽醌内标法定量。**结果** 茶叶中的 9,10-蒽醌在 1~100 $\mu\text{g/L}$ 浓度范围内与峰面积呈良好的线性关系,线性方程为 $y=0.0311x-0.0023$,相关系数 $r=0.9997$,方法的检出限为 2 $\mu\text{g/kg}$,检测限为 5 $\mu\text{g/kg}$;加标回收率为 75.8%~98.4%,相对标准偏差 2.6%~6.6% ($n=6$)。对湖南省 14 个地州市市售茶叶进行检测,发现存在一定程度的 9,10-蒽醌污染,且超标率较高。其中,黑茶和红茶的检测结果中位数为 35.1 $\mu\text{g/kg}$ 和 25.9 $\mu\text{g/kg}$,污染程度明显高于乌龙茶和绿茶。**结论** 该方法具有仪器自动化程度高,前处理快速简单,溶剂消耗少,灵敏度高,定性定量准确等特点,适合大批量茶叶样品中 9,10-蒽醌的快速筛查检测。

关键词: 基质分散固相萃取;在线凝胶渗透色谱-气相色谱-串联质谱;9,10-蒽醌;茶叶

中图分类号: R155.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006-3110(2022)10-1187-05 DOI:10.3969/j.issn.1006-3110.2022.10.008

Application of QuEChERS method coupled with on-line GPC-GC-MS/MS for determination of 9,10-anthraquinone in tea sold in Hunan Province

LI Tan-yao, FENG Jia-li, ZENG Dong, CHEN Dong-yang, LU Lan, LIU Xian-jun

Hunan Provincial Center for Disease Control and Prevention, Changsha, Hunan 410005, China

Corresponding author: LIU Xian-jun, E-mail: 332499047@qq.com

Abstract: **Objective** To establish a rapid method for the determination of 9,10-anthraquinone in tea by quick, easy, cheap, effective, rugged and safe (QuEChERS) method coupled with on-line gel permeation chromatography-gas chromatography-mass/mass spectrometry (GPC-GC-MS/MS), to detect the residue of 9,10-anthraquinone in tea sold in Hunan Province, and to analyze the detection results. **Methods** 9,10-anthraquinone was extracted with 1:1 cyclohexane-ethyl acetate, purified by QuEChERS method, analyzed and detected by on-line GPC-GC-MS/MS. The quantification was accomplished by internal standard method with d8-anthraquinone as the internal standard. **Results** 9,10-anthraquinone in tea showed a good linear relationship with the peak area in the concentration range of 1-100 $\mu\text{g/L}$. The linear equation was $y=0.0311x-0.0023$, and the correlation coefficient was 0.9997. The limit of detection (LOD) was 2 $\mu\text{g/kg}$, and the limit of quantitation (LOQ) 5 $\mu\text{g/kg}$. The recoveries ranged from 75.8% to 98.4%, with the relative standard deviation (RSD) of 2.6%-6.6% ($n=6$). It was found that there was a certain degree of 9,10-anthraquinone pollution in tea sold in 14 cities in Hunan Province, and the exceeding standard rate was high. Among them, the median values of dark tea and black tea were 35.1 $\mu\text{g/kg}$ and 25.9 $\mu\text{g/kg}$, respectively, and their pollution degrees were significantly higher than those of oolong tea and green tea. **Conclusion** The method has the characteristics of high automation, fast and simple pretreatment, low solvent consumption, high sensitivity and qualitative and quantitative accuracy. It is suitable for the rapid screening of 9,10-anthraquinone in large quantities of tea samples.

Keywords: QuEChERS; on-line gel permeation chromatography-gas chromatography-mass/mass spectrometry; 9,10-anthraquinone; tea

基金项目: 湖南省自然科学基金项目(2021JJ70085)

作者简介: 李谭瑶(1984-),女,湖南益阳人,主管技师,主要从事食品安全检测工作。

通信作者: 刘先军, E-mail: 332499047@qq.com。

中国一直是全球最大的茶叶生产国与消费国,也是重要的茶叶出口国。湖南省所处地理条件得天独厚,自古就是我国主要产茶区之一,素有“江南茶乡”之称^[1]。2021年湖南省茶园面积达338万亩、产量

32.28 万吨,茶业综合产值达到了 1 012 亿元^[2]。

9,10-蒽醌是近年来茶叶污染物的研究热点物质,具有潜在的致癌性。茶叶中 9,10-蒽醌的污染可能来源于环境中的蒽醌沉降,纸质包装材料中蒽醌的迁移或是土壤、水体污染^[3]。2013—2017 年间,我国出口欧盟茶叶因 9,10-蒽醌不合格被通报 32 次^[4]。欧盟发布的(European Union, EU) No 1146/2014 中规定茶叶中 9,10-蒽醌的最高残留量(maximum residue limit, MRL)为 0.02 mg/kg^[5]。我国及其他国家还未有蒽醌在茶叶中的限量标准。

茶叶样品基质复杂,分析时若前处理效果不佳,容易对仪器和色谱柱造成污染,从而影响目标化合物的定性定量分析。目前,关于茶叶中 9,10-蒽醌的前处理方法,主要有固相萃取(solid phase extraction, SPE)法^[5-7],凝胶渗透色谱(gel permeation chromatography, GPC)法^[8-9]和基质分散固相萃取(quick, easy, cheap, effective, rugged and safe, QuEChERS)法^[10-11]。SPE 柱净化效果虽好,但操作繁琐;而传统离线 GPC 也存在效率低、溶剂消耗量大、试剂空白高等问题。QuEChERS 方法具有快速简单、有效可靠等特点,但常用的脱色素成分——石墨化碳黑(graphitized carbon black, GCB)对蒽醌有较强的吸附作用,导致蒽醌的回收率低且重现性较差^[12],若不使用 GCB,茶叶中的色素又难以除去,不仅污染仪器而且干扰目标物的检测。目前,关于 9,10-蒽醌的检测方法主要有高效液相色谱法(high performance liquid chromatography, HPLC)^[9]、高效液相色谱-质谱(high performance liquid chromatography-mass spectrometry, HPLC-MS)联用法^[13]和气相色谱串联质谱(gas chromatography-mass/mass spectrometry, GC-MS/MS)法^[6-12]。GC-MS/MS 法由于具有灵敏度高、定性准确等特点,在 9,10-蒽醌的检测中应用最为广泛。近年来,QuEChERS 联合在线 GPC-GC-MS/MS 技术在蔬菜、水果、茶叶等多种农药残留检测中已被广泛应用并展现了较高的优势^[14-16]。本研究以不含 GCB 的 QuEChERS 法联合在线 GPC 进行前处理,克服了净化不彻底或目标物损失过多等缺点,结合 GC-MS/MS 技术,建立了茶叶中 9,10-蒽醌简便快速、定量准确的检测方法。

1 实验部分 GPC

1.1 仪器与试剂 在线 GPC-GC-MS/MS(2010plus-TQ8030)系统(日本 shimadzu 公司),配有 PTV-2010 大体积进样器;Centrifuge 5430 高速离心机(德国 Eppendorf 公司);Vortex-Genie2 旋涡振荡器(美国

Scientific Industries 公司)。

9,10-蒽醌和 d8-蒽醌标准物质(纯度 $\geq 99\%$,德国 Dr Ehrenstorfer GmbH 公司);乙酸乙酯、环己烷、乙腈均为色谱纯(美国 Merck 公司)。无水硫酸钠为分析纯(中国国药集团化学试剂有限公司),使用前 500 ℃烘烤 2 h;PSA 粉末、C18 固体吸附剂(美国 Agilent 公司)。

1.2 标准溶液配制 分别准确称取适量标准物质 9,10-蒽醌和内标物 d8-蒽醌,以乙腈溶解并定容,得到浓度各为 100 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 的储备液。取 d8-蒽醌储备液适量,以环己烷-乙酸乙酯(V:V=1:1)稀释至 10 $\mu\text{g}/\text{ml}$,为内标使用液。分别取 9,10-蒽醌和 d8-蒽醌储备液适量,并以环己烷-乙酸乙酯(V:V=1:1)逐级稀释,配制标准系列混合溶液,9,10-蒽醌的浓度分别为:1、5、10、20、50、100 $\mu\text{g}/\text{L}$,内标 d8-蒽醌的浓度为 50 $\mu\text{g}/\text{L}$ 。

1.3 样品前处理 称取粉碎后的茶叶样品 1 g 于 15 ml 离心管中,加入 25 μl (10 $\mu\text{g}/\text{ml}$) d8-蒽醌内标溶液,加水 2 ml 充分浸润;加入 5.00 ml 环己烷-乙酸乙酯(V:V=1:1)充分涡旋,再超声提取 30 min;往样品管中加入 1 g 无水硫酸钠涡旋脱水后,8 000 r/min 离心 5 min,将上清液全部转移至 10 ml 离心管中,加入 0.4 g 无水硫酸钠,0.4 g PSA 粉末和 0.2 g C18 固体吸附剂,涡旋 1 min 后,8 000 r/min 离心 5 min。取 1.0 ml 上清液进样分析。

1.4 GPC-GC-MS/MS 条件

GPC 条件 凝胶色谱柱:ShodexCLNpak EV-2000 凝胶色谱柱(150 mm \times 2.1 mm);流动相:环己烷-乙酸乙酯混合溶液(体积比 9:1);流速:0.1 ml/min;柱温:40 ℃;进样量:10 μl ;检测波长:230 nm。收集时间:7~9 min。

GC 条件 色谱柱:惰性预柱(5 m \times 0.53 mm);前段预柱:DB-5 毛细管柱(5 m \times 0.25 mm \times 0.25 μm);分离柱:DB-5 毛细管柱(25 m \times 0.25 mm \times 0.25 μm),三根柱子通过毛细管连接器以串联方式连接;进样方式:不分流模式,进样时间:7 min,进样口升温程序:120 ℃保持 5 min,100 ℃/min 升至 250 ℃保持 25.7 min;载气:高纯氦气,柱压力程序:初始压力 120 kPa,以 100 kPa/min 升至 180 kPa,保持 4.4 min,再以 49.8 kPa/min 降至 120 kPa,保持 25.8 min。柱温箱升温程序:82 ℃保持 5 min,8 ℃/min 升至 220 ℃,再以 30 ℃/min 升至 300 ℃保持 7 min。

MS/MS 条件 离子源为 EI 源,温度:230 ℃,接口温度:300 ℃;电离电压:70 eV,检测电压:1.12 kV;扫

描方式:多反应监测模式(multi reaction monitoring, MRM);溶剂延迟:15 min。9,10-蒽醌及内标 d8-蒽醌的 MRM 参数及保留时间见表 1。

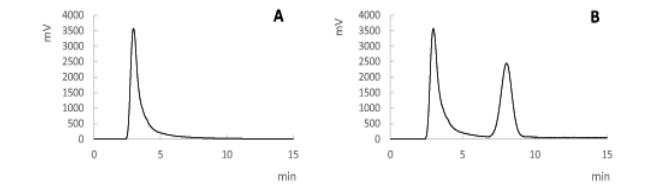
表 1 9,10-蒽醌及内标 d8-蒽醌的保留时间及 MRM 参数				
类型	名称	保留时间(min)	离子对(m/z)	碰撞能量(eV)
目标物	9,10-蒽醌	21.826	208>152 ^a	15
			208>180	9
			180>152	24
内标	d8-蒽醌	21.770	188>160	9

注:a 为定量离子对。

1.5 统计学分析 为了评估不同类型茶叶中 9,10-蒽醌含量的差异,使用统计软件 SPSS22.0 进行数据分析,采用 Shapiro-Wilk 法检验样本是否呈正态分布,采用独立样本 *t* 检验(正态分布)或 Mann Whitney 秩和检验(偏态分布)比较两组数据间是否具有显著性差异,若 *P*<0.05 则组间两两比较差异有统计学意义。

2 结果和讨论

2.1 GPC 条件的建立 GPC 是根据体积排阻的原理将不同分子量大小的物质进行分离,这种净化技术常用于蔬菜、水果农残检测的前处理过程中,以除去油脂、色素等大分子化合物对目标检测物的干扰。在线 GPC-GC-MS/MS 仪通过切换阀将保留时间短的大分子油脂和色素排出系统,将小分子的目标物导入捕集环路,然后经 GC-MS/MS 分析检测。GPC 常用的流动相为乙酸乙酯和环己烷的混合溶液,环己烷体积百分比越大,目标化合物的保留时间越长,则干扰物和目标物分离度越大。为了使油脂和色素等干扰物最大程度地与 9,10-蒽醌分离,本实验选取体积比为 9:1 的环己烷-乙酸乙酯溶液为流动相。从图 1 可以看出,在该 GPC 条件下,茶叶中的干扰成分能与 9,10-蒽醌完全分离,9,10-蒽醌的出峰时间为:7~9 min,所以截取这段时间进入 GC-MS/MS 分析。

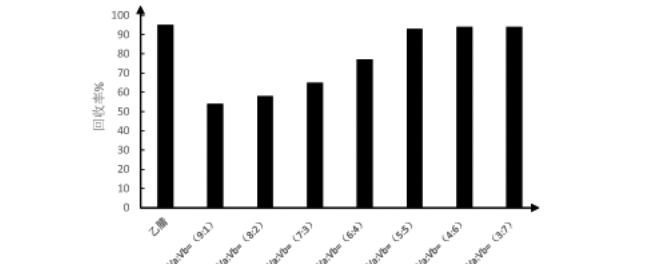


注:A:空白茶叶基质;B:空白茶叶基质加标。

图 1 空白茶叶基质与基质加标 GPC 色谱图

2.2 提取溶剂的选择 QuEChERS 前处理方法中,常用的目标物提取溶剂为乙腈。而 GPC 前处理方法中,常用的提取溶剂为流动相的混合溶液。为了考察溶剂的提取效率,本研究选取了乙腈、不同体积比的环己

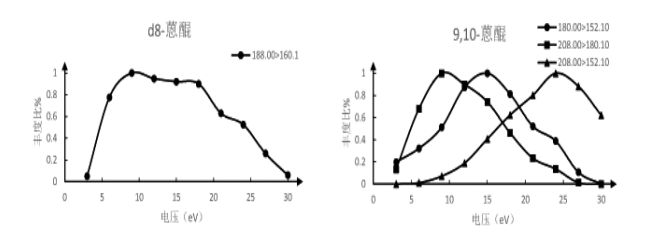
烷-乙酸乙酯混合溶液为提取溶剂,以 9,10-蒽醌的回收率来评价提取效率。从图 2 可以看出,乙腈提取效率为 90% 以上,但若选取乙腈做为提取溶剂,进 GPC 液相系统之前还需要进行溶剂转换。混合溶液提取剂中,随着乙酸乙酯体积百分比的增加,9,10-蒽醌的提取效率越来越高。环己烷-乙酸乙酯体积比为 8:2, 7:3, 6:4 时,提取效率均达不到 80%,当环己烷-乙酸乙酯体积比为 5:5, 4:6, 3:7 时,提取效率均在 90% 以上。考虑到提取溶剂与 GPC 流动相的匹配,最终选取 5:5 的环己烷-乙酸乙酯为提取溶剂。



注:a 为环己烷;b 为乙酸乙酯。

图 2 不同溶剂的提取效率

2.3 质谱条件的优化 本实验在色谱条件优化后进行全扫描,选择质核比大,相对丰度较高的离子 *m/z* 208, 180 为 9,10-蒽醌的母离子,选择 *m/z* 188 为 d8-蒽醌的母离子,逐级增加碰撞能量,进行碎片离子扫描,获得特征离子对的最优碰撞能量,见图 3。*m/z* 208 为 9,10-蒽醌的分子离子峰,*m/z* 180 是 *m/z* 208 脱 1 个羰基形成,*m/z* 152 为 *m/z* 208 脱 2 个羰基形成,所以 *m/z* 208>152 达到最大丰度比时的电压(24 eV)比 *m/z* 208>180(9 eV)高。虽然 *m/z* 208>152 响应要略低于 *m/z* 180>152,但是 *m/z* 208>152 受样品基质干扰最小,因此选择 *m/z* 208>152 为 9,10-蒽醌的定量离子,*m/z* 180>152 和 *m/z* 208>180 为定性离子。9,10-蒽醌和 d8-蒽醌的具体质谱参数见表 1。

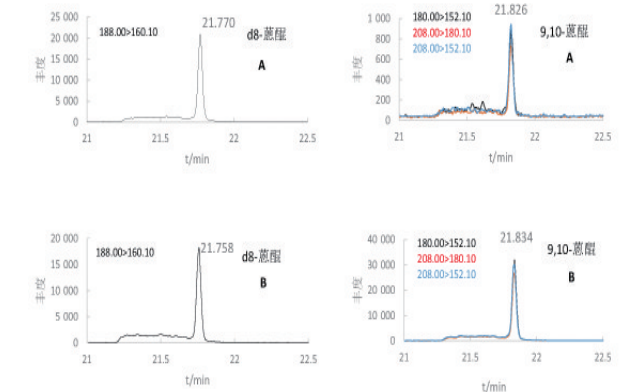


注:A: d8-蒽醌;B: 9,10-蒽醌。

图 3 9,10-蒽醌及内标碰撞电压优化

2.4 线性范围、检出限和检测限 取 1.2 标准系列溶液,按 1.4 仪器条件进行分析,以 9,10-蒽醌峰定量离子对的峰面积与内标(d8-蒽醌)峰面积的比值 *y* 与浓

度 x 进行线性回归,得到回归方程 $y=0.0311x-0.0023$ 和相关系数 $r=0.9997$ 。结果表明,9,10-蒽醌在浓度 1~100 $\mu\text{g/L}$ 之间线性关系良好。以 3 倍信噪比 ($S/N=3$) 计算出检出限,10 倍信噪比 ($S/N=10$) 计算出检测限。仪器检出限为 0.3 $\mu\text{g/L}$,检测限为 1 $\mu\text{g/L}$ 。若取样量为 1 g,定容体积以 5.0 ml 计,方法检出限为 2 $\mu\text{g/kg}$,检测限为 5 $\mu\text{g/kg}$,低于欧盟最高残留限量 (20 $\mu\text{g/kg}$) 要求。9,10-蒽醌标准及内标 d8-蒽醌的 MRM 图谱如图 4 所示。



注:A:标准样本(内标 d8-蒽醌:50 $\mu\text{g/L}$);B:标准样本(9,10-蒽醌:50 $\mu\text{g/L}$)C:阳性样品(内标 d8-蒽醌);D:阳性样品(9,10-蒽醌)。

图 4 9,10-蒽醌及内标标准和阳性样品 MRM 色谱图

2.5 回收率和精密度 取空白基质样品 1.0 g,分别加入 5、20、100 ng 标准物质,折合至样品中浓度分别为 5、20、100 $\mu\text{g/kg}$,按 1.3 方法进行低、中、高 3 个浓度水平(进样浓度分别为 1、4、20 $\mu\text{g/L}$)的加标回收实验,并平行测定 6 次。以样品的加标回收率表示方法的准确度,以平行样品的相对标准偏差(relative standard deviation, RSD)表示方法的精密度。该方法的加标回收率为 75.8%~98.4%, RSD 为 2.6%~6.6%,见表 2。

表 2 样品加标回收率及精密度($n=6$)				
添加水平	添加量($\mu\text{g/kg}$)	测定结果($\bar{x}\pm s$, $\mu\text{g/kg}$)	回收率(%)	RSD (%)
底	5	4.14 \pm 0.26	75.8~89.1	6.6
中	20	18.4 \pm 0.76	87.2~97.0	4.2
高	100	95.4 \pm 2.40	91.3~98.4	2.6

2.6 实际样品的检测 随机采集湖南省内 14 个地州市市售茶叶 138 份,其中黑茶 33 份、红茶 34 份、乌龙茶 29 份、绿茶 42 份,用本方法进行 9,10-蒽醌的检测,阳性样品谱图如图 4 所示。138 份茶叶中,总检出率为 86.2%。其中黑茶和红茶检出率都达到了 100.0%,乌龙茶和绿茶分别为 72.4%和 73.8%。根据 EU No 1146/2014 的规定,茶叶中 9,10-蒽醌的最大残留限量为 20 $\mu\text{g/kg}$,138 份样品中有 72 份超标,超标率为 52.2%。其中黑茶的超标率和中位数均最高,为 75.8%和 35.1 $\mu\text{g/kg}$ 。黑茶属于后发酵茶,红茶属于

全发酵茶,乌龙茶属于半发酵茶,绿茶为不发酵茶。从检测数据的统计学结果可以看出,随着发酵程度的增加,茶叶中 9,10-蒽醌的残留量越大,且全发酵和后发酵茶含量明显高于半发酵和不发酵茶(Mann Whitney 秩和检验:不发酵茶 vs. 后发酵茶, $P=0.001$;不发酵茶 vs. 全发酵茶, $P=0.001$;半发酵茶 vs. 后发酵茶, $P=0.001$;半发酵茶 vs. 全发酵茶, $P=0.003$)。结果与文献报道^[11, 17-18]情况相符,见表 3。

表 3 湖南省各品种茶叶中 9,10-蒽醌含量检测情况

品种	份数	浓度范围($\mu\text{g/kg}$)	检出率(%)	超标率(%)	$M(P_{25}, P_{75})$ ($\mu\text{g/kg}$)
黑茶(后发酵)	33	13.1~146.1	100.0	75.8	35.1(18.1,45.9)
红茶(全发酵)	34	8.4~90.6	100.0	67.6	25.9(13.4,42.9)
乌龙茶(半发酵)	29	<5~65.8	72.4	41.4	12.1(<5,26.6)
绿茶(不发酵)	42	<5~46.3	73.8	28.6	8.2(<5,21.1)
合计	138	<5~146.1	86.2	52.2	21.5(8.5,35.3)

3 结 论

本研究建立了一种 QuEChERS 联合在线 GPC-GC-MS/MS 测定茶叶中 9,10-蒽醌的快速筛查方法。该方法将样品以环己烷-乙酸乙酯(1:1)提取后,经 QuEChERS 方法净化,进行在线 GPC-GC-MS/MS 分析检测,以内标法定量。对湖南省 14 个地州市市售茶叶进行检测,发现存在一定程度的 9,10-蒽醌污染,且超标率较高。其中,黑茶和红茶检出率、超标率、检出的中位数都明显高于乌龙茶和绿茶。该方法具有仪器自动化程度高,前处理快速简单,溶剂消耗少,灵敏度高,定性定量准确等特点,适合于大批量茶叶样品中 9,10-蒽醌的快速筛查检测。可为茶叶中 9,10-蒽醌的污染情况监测、膳食暴露风险评估、限量值标准制定等提供重要的技术支持。

参考文献

[1] 周宇清. 湖南茶叶安全溯源体系的建立与应用研究[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2012.

[2] 欧阳军, 刘晓玲. 湘茶迈进千亿产业行列[J]. 中国食品报, 2022, 7(1):1-2.

[3] 陈宗懋, 阮建云, 蔡典雄, 等. 茶树生态系统中的立体污染链与阻控[J]. 中国农业科学, 2007, 40(5):948-958.

[4] 朱凤玲. 2013—2017 年欧美日韩通报我国不合格茶叶信息汇总与评析[J]. 中国茶叶, 2018, 40(6):24-27.

[5] 黄秋研, 邱启东, 陈卫强, 等. 固相萃取-气相色谱-质谱法测定茶叶中蒽醌残留[J]. 广州化工, 2017, 44(24):91-93.

[6] Wang X, Zhou L, Luo F, et al. 9,10-anthraquinone deposit in tea plantation might be one of the reasons for contamination in tea[J]. Food Chem, 2018, 244:254-259.

[7] 梁剑锋, 李亚, 魏诗琴, 等. 气相色谱-质谱联用法测定茶叶包装纸中 9,10-蒽醌含量[J]. 食品工业科技, 2021, 42(12):247-252.

社区卫生服务人员体育运动影响因素及促进策略分析

叶春明¹, 徐进杰², 尹海英³, 杨清杰⁴

1. 烟台市体育事务综合服务中心, 山东 烟台 264003; 2. 烟台市疾病预防控制中心, 山东 烟台 264003;
3. 莱州市疾病预防控制中心, 山东 莱州 261400; 4. 烟台市芝罘区疾病预防控制中心, 山东 烟台 264000

摘要: **目的** 了解社区卫生服务人员体育运动现状及影响因素, 为提升社区卫生服务人员“体育人口”比例, 落实“体卫融合”促进人群健康提供依据。 **方法** 按照分层随机抽样方法, 从烟台市 253 个社区卫生服务机构抽取 3 061 名社区卫生工作人员进行问卷调查。运用 χ^2 检验、多因素 logistic 回归探索影响社区卫生服务人员参与体育运动的因素。 **结果** 3 061 名调查对象中, 体育健身知识丰富 603 人 (19.70%), 热爱体育运动 2 267 人 (74.06%), 达到“体育人口”标准 721 人 (23.55%)。不同性别、年龄、文化程度、工作年限、体育健身知识、“运动处方”知识、体育运动态度、“体卫融合”态度、体质监测情况、工作地点健身设施配备之间“体育人口”比例差异均有统计学意义 (χ^2 分别为 38.925、51.053、39.953、47.812、219.604、257.246、218.309、94.682、474.972、91.669, 均 $P < 0.05$); logistic 回归分析发现: 性别 ($OR = 1.493, 95\% CI: 1.217 \sim 1.832$)、年龄 ($OR = 1.425, 95\% CI: 1.146 \sim 1.771$)、体育健身知识 ($OR = 1.352, 95\% CI: 1.140 \sim 1.603$)、“运动处方”知识 ($OR = 1.811, 95\% CI: 1.446 \sim 2.268$)、体育运动态度 ($OR = 4.086, 95\% CI: 2.890 \sim 5.776$)、“体卫融合”态度 ($OR = 1.269, 95\% CI: 1.018 \sim 1.581$)、是否参与体质监测 ($OR = 4.481, 95\% CI: 3.657 \sim 5.491$)、机构附近健身设施配备 ($OR = 1.490, 95\% CI: 1.177 \sim 1.886$) 与社区卫生服务人员体育运动相关 ($P < 0.05$)。 **结论** 社区卫生服务人员体育运动意愿强, 但体育健身知识缺乏, 参与体育运动不足。性别、年龄、体育健身知识、“运动处方”知识、体育运动态度、“体卫融合”态度、参与体质监测、工作场所健身设施配备是影响其参与体育运动的因素。

关键词: 社区卫生服务; 体育运动; 体卫融合; 促进

中图分类号: R197.61 文献标识码: A 文章编号: 1006-3110(2022)10-1191-05 DOI: 10.3969/j.issn.1006-3110.2022.10.009

Influencing factors and promotion strategies of sports among community health service workers

YE Chun-ming¹, XU Jin-jie², YIN Hai-ying³, YANG Qing-jie⁴

1. Yantai Comprehensive Service Center for Sports Affairs, Yantai, Shandong 264003, China;

基金项目: 2020 年度山东省人文社会科学课题 (2020-NDJY-09)

作者简介: 叶春明 (1982-), 男, 山东莱州人, 硕士, 副研究员, 研究方向: 体卫融合。

通信作者: 杨清杰, E-mail: 511963231@qq.com。

- [8] 甘源, 覃梅, 程莉, 等. 凝胶色谱净化联合气相色谱串联质谱法同位素内标法测定茶叶中 9,10-蒽醌[J]. 中国卫生检验杂志, 2017, 11 (2): 1525-1528.
- [9] 何太喜, 段兵, 范媛媛, 等. 凝胶色谱-高效液相色谱法测定茶叶中蒽醌[J]. 分析实验室, 2016, 35(9): 1083-1086.
- [10] 汪煊, 周利, 罗逢健, 等. 分散固相净化-气质联用法测定茶叶中的 9,10-蒽醌[J]. 分析实验室, 2018, 37 (3): 343-346.
- [11] 刘小红, 李永刚, 孔芳, 等. 武汉市不同种类茶叶中 9,10-蒽醌污染水平及膳食暴露[J]. 公共卫生与预防医学, 2021, 32(3): 45-49.
- [12] Hayward DG, Wong JW, Park HY. Determinations for pesticides on black, green, oolong, and white teas by gas chromatography triple-quadrupole mass spectrometry[J]. J Agric Food Chem, 2015, 63(37): 8116-8124.
- [13] 伍旭东. 高效液相色谱串联质谱法测定普洱茶生茶中蒽醌残留的不确定度评定[J]. 现代食品, 2019, 23(9): 70-73.
- [14] Zhu B, Xu X, Luo J, et al. Simultaneous determination of 131 pesticides in tea by on-line GPC-GC-MS/MS using graphitized multi-walled carbon nanotubes as dispersive solid phase extraction sorbent [J]. Food Chem, 2019, 276: 202-208.
- [15] 卢大胜, 熊丽蓓, 温忆敏, 等. QuEChERS 前处理方法联合 GPC-GC/MS 在测定蔬菜水果农药残留中的应用[J]. 质谱学报, 2011, 32(4): 229-235.
- [16] 贾玮, 凌云, 郝静, 等. 在线凝胶渗透色谱串联气相色谱-质谱快速测定粮谷及油料作物中 29 种农药残留[J]. 分析测试学报, 2012, 31 (10): 1217-1222.
- [17] 何华丽, 樊继彩, 任韧, 等. 杭州不同种类市售茶叶中 9,10-蒽醌含量调查及膳食暴露研究[J]. 中国卫生检验杂志, 2019, 29(16): 88-90.
- [18] 陈涛, 江虹. 福建省 2017—2018 年茶叶中 9,10-蒽醌检测方法与分析[J]. 海峡预防医学杂志, 2019, 25 (4): 63-65.

收稿日期: 2022-03-29