

DOI: 10.20135/j.issn.1006-8147.2024.06.0479

论著

姜黄素对人结直肠癌 SW-620 细胞抗肿瘤效果的研究

阎晗, 黄珊

(天津医科大学基础医学院细胞生物学系, 天津 300070)

摘要 目的: 研究姜黄素(Cur)对人结直肠癌 SW-620 细胞生长、迁移的抑制作用。方法: 不同浓度 Cur(2、5、10 $\mu\text{g/mL}$) 处理 SW-620 细胞后, 采用 MTT 法检测细胞增殖能力变化, 流式细胞仪分别结合 Rh123、DCFH-DA、Annexin V-FITC/PI 染色检测细胞线粒体膜电位($\Delta\psi_m$)变化、活性氧簇(ROS)生成及细胞凋亡情况, 彗星电泳观察细胞 DNA 损伤情况, 荧光显微技术观察细胞凋亡特征, Transwell 实验检测细胞迁移能力, 扫描电子显微镜观察细胞表面结构变化。结果: 与对照组相比, 5、10 $\mu\text{g/mL}$ Cur 处理 24、48 h 可显著抑制细胞增殖($t=5.28, 21.8, 18.19, 33.19$, 均 $P<0.01$), 半数抑制浓度分别为 6.46、3.75 $\mu\text{g/mL}$ 。药物处理 4 h, 与对照组相比, 2、5、10 $\mu\text{g/mL}$ Cur 组细胞内 ROS 生成分别增加至 15.8%、30.2% 和 45% ($t=3.64, 7.4, 13.8$, 均 $P<0.05$); $\Delta\psi_m$ 下降的细胞比例分别为 22.7%、38.5% 和 72.7% ($t=7.7, 11.32, 45.26$, 均 $P<0.01$); 药物处理 12、24 h, 2、5、10 $\mu\text{g/mL}$ Cur 组凋亡细胞比例分别为 6.6% ($t=3.79, P=0.11$)、32.6%、68.7% ($t=21.3, 64.39$, 均 $P<0.01$) 和 16.9% ($t=10.37, P<0.05$)、47.2%、78.9% ($t=23.46, 19.8$, 均 $P<0.01$); 药物处理 12 h, 2、5、10 $\mu\text{g/mL}$ Cur 组迁移细胞的数量分别减少至 79.66% ($t=7.14, P<0.05$)、53.36% 和 39.45% ($t=21.91, 25.04$, 均 $P<0.01$)。结论: Cur 可抑制人结直肠癌 SW-620 细胞增殖和迁移。

关键词 姜黄素; 人结直肠癌 SW-620 细胞; 活性氧簇; 细胞凋亡; 细胞迁移

中图分类号 R965.1

文献标志码 A

文章编号 1006-8147(2024)06-0479-06

Anti-tumor effect of curcumin on human colorectal cancer SW-620 cells

YAN Han, HUANG Shan

(Department of Cell Biology, School of Basic Medical Sciences, Tianjin Medical University, Tianjin 300070, China)

Abstract **Objective:** To study the inhibitory effect of curcumin (Cur) on the growth and migration of human colorectal cancer SW-620 cells. **Methods:** After SW-620 cells were treated with different concentrations of Cur (2, 5, 10 $\mu\text{g/mL}$), MTT assay was used to detect the changes in cell proliferation ability compared with the control group. The changes of mitochondrial membrane potential ($\Delta\psi_m$), generation of reactive oxygen species (ROS) and apoptosis were detected by flow cytometry with Rh123, DCFH-DA and Annexin V-FITC/PI staining, respectively. Comet assay was used to detect DNA damage. Cell apoptosis was observed by fluorescence microscopy. Transwell assay was used to detect cell migration ability, and scanning electron microscopy was used to observe the changes of cell surface structure. **Results:** Compared with the control group, the proliferation of SW-620 cells was significantly inhibited by 5, 10 $\mu\text{g/mL}$ Cur for 24 and 48 h ($t=5.28, 21.8, 18.19, 33.19$, all $P<0.01$), and the half maximal inhibitory concentrations were 6.46 and 3.75 $\mu\text{g/mL}$, respectively. 2, 5, 10 $\mu\text{g/mL}$ Cur group induced intracellular ROS production increased to 15.8%, 30.2% and 45% after 4 h of Cur treatment ($t=3.64, 7.4, 13.8$, all $P<0.05$), and the proportion of cells with $\Delta\psi_m$ decreased to 22.7%, 38.5% and 72.7% ($t=7.7, 11.32, 45.26$, all $P<0.01$), respectively. The proportions of apoptotic cells after 12 and 24 h treatment in 2, 5, 10 $\mu\text{g/mL}$ Cur group were 6.6% ($t=3.79, P=0.11$), 32.6%, 68.7% ($t=21.3, 64.39$, both $P<0.01$) and 16.9% ($t=10.37, P<0.05$), 47.2%, 78.9% ($t=23.46, 19.8$, both $P<0.01$). The cell migration rate in 2, 5, 10 $\mu\text{g/mL}$ Cur group were decreased to 79.66% ($t=7.14, P<0.05$), 53.36% and 39.45% at 12 h, respectively ($t=21.91, 25.04$, both $P<0.05$). **Conclusion:** Cur can inhibit the proliferation and migration of human colorectal cancer SW-620 cells.

Key words curcumin; human colorectal colon SW-620 cells; intracellular reactive oxygen species; cell apoptosis; cell migration

消化道肿瘤是现今世界发病及死亡率最高的肿瘤^[1-3], 结直肠癌是最常见的消化道恶性肿瘤之一, 死亡率居于我国恶性肿瘤之首^[4-5]。其中, 约 90.0% 的患者死因与结直肠癌转移诱发的并发症有关。由于肿瘤的发生、发展是多因素、多基因、多步

骤综合作用的复杂过程, 西药的单一成分、单一靶点的治疗方式往往难以彻底根治且极易引起诸多不良反应。中医药具有多靶点、多层次、不易引起不良反应的药物作用特点, 恰恰符合抗肿瘤药物的作用条件。因此, 从中药中筛选药食同源的低毒高效的预防和治疗消化道肿瘤的药物成为目前中医药的关注热点和研究方向。姜黄素(curcumin, Cur)主要是从姜科植物姜黄的根茎、郁金块根和天南星科

基金项目 天津市自然科学基金青年项目(23JCQNJC01270)

作者简介 阎晗(1989-), 女, 助理实验师, 硕士, 研究方向: 细胞生物学, E-mail: yanhan1989@tmu.edu.cn。

植物菖蒲块茎等提取出来的脂溶性酚类化合物。研究表明, Cur 具有抗炎、抗氧化、抗菌、抗病毒、抗肿瘤等药理活性^[6]。近年来, 有研究报道, Cur 对多种肿瘤的抑制作用明显且无明显不良反应, 安全性较高^[7-9]。本研究选用 Dukes 病理分期为 Duke C 期(已有淋巴结转移)^[10-11]的结直肠癌 SW-620 细胞系为研究对象, 检测 Cur 对细胞增殖抑制、细胞内活性氧簇(ROS)生成、线粒体膜电位变化、细胞凋亡以及细胞迁移能力的影响, 探讨 Cur 对结直肠癌的抑制作用, 以期开发既能促进肿瘤细胞死亡又能抑制其转移的多效合一的药食同源药物积累资料。

1 材料与方法

1.1 细胞株和实验试剂 人结直肠癌 SW-620 细胞系由中国科学院上海生命科学研究院细胞资源中心赠予。Cur 购自生工生物工程(上海)股份有限公司, 纯度 $\geq 75\%$, 用 80%(体积分数)乙醇(EtOH)配制, 超净台过滤除菌, 储存液质量浓度为 10 mg/mL。胎牛血清(Cell-Box); L-15 培养基、谷氨酰胺、二甲基亚砜(DMSO)均购自美国 Sigma 公司; MTT、罗丹明 123(Rhodamine 123, Rh123)、4',6-二脒基-2-苯基吡啶(DAPI)、2',7'-二氢二氯荧光黄双乙酸钠(DCFH-DA)荧光探针、溴化乙锭(EB)购自北京索莱宝科技有限公司; 细胞凋亡试剂盒(Annexin V-FITC/PI)购自美国 BD 公司。其他试剂均为国产分析纯。

1.2 方法

1.2.1 细胞培养 SW-620 细胞培养于含 10%胎牛血清的 L-15 培养基中, 置于 37℃, 5%CO₂ 饱和湿度的培养箱中培养。

1.2.2 Cur 对 SW-620 细胞增殖的影响 取对数生长期 SW-620 细胞, 消化成单细胞悬液, 将细胞密度为 1×10^5 个/mL 的细胞悬液按 100 μ L/孔接种于 96 孔培养板培养 24 h 后, 待细胞生长至对数期, 弃除旧培养基, 设置对照组、80%乙醇溶剂对照组和加入 Cur 的终浓度为 2、5、10 μ g/mL 的加药组, 培养 24、48 h 后, 在 96 孔板中避光加入 20 μ L/孔 MTT 溶液, 继续避光孵育 4 h 后, 平板离心机 3 000 r/min 离心 5 min, 弃去上清培养液, 加 150 μ L/孔 DMSO, 平板摇床振荡 15 min, 使紫色的甲瓖充分溶解。酶标仪检测波长为 570 nm 吸光值, 校正波长为 630 nm。以对照组的吸光值为空白对照调零, 取 6 孔的平均值计算细胞相对存活率, 细胞相对存活率=(实验组 OD₅₇₀/对照组 OD₅₇₀) $\times 100\%$, 实验重复 3 次。使用 IC₅₀ 计算软件进行半数抑制浓度计算。

1.2.3 Cur 对 SW-620 细胞 ROS 生成的影响 取对数生长期的 SW-620 细胞, 消化为单细胞悬液并调整细胞密度为 2×10^5 个/mL, 以 300 μ L/孔细胞悬液接种于 24 孔培养板培养 24 h 至细胞生长到对数期, 弃除旧培养基, 设置对照组和给药组(分别加入终浓度为 2、5、10 μ g/mL 的 Cur)。加药孵育 4、8 h 后, 0.01 mol/L PBS 洗两次, 加入 DCFH-DA(终浓度为 1 μ mol/L), 37℃避光孵育 30 min, PBS 洗 3 次, 消化收集细胞, PBS 洗 3 次, 进行流式细胞仪检测各组 DCF 阳性细胞比例。Diva 软件分析试验结果, 实验重复 3 次。

1.2.4 Cur 对 SW-620 细胞线粒体膜电位的影响 细胞分组及处理同 1.2.3。加药孵育 4、8 h 后, 收集细胞, 0.01 mol/L PBS 洗 2 次, 弃上清, 加入终质量浓度为 1 μ g/mL 的 Rh123^[12], 37℃避光孵育 20 min, 流式细胞仪检测各组 Rh123 阴性细胞比例(Rh123 激发波长 488 nm, 发射波长 530 nm), 实验重复 3 次。Diva 软件分析实验结果。

1.2.5 Cur 对 SW-620 细胞 DNA 损伤的检测 室温下, 将 1%正常熔点琼脂糖涂于载玻片表面, 置于烘箱烘干; 在载玻片上 22 mm \times 10 mm \times 0.17 mm 品字形小槽, 37℃按 4:1 比例, 将 0.75%低熔点琼脂糖凝胶与待测细胞悬液(分组加药后 12、24 h, 分别消化收集样品, 40 μ L PBS 重悬细胞)充分混匀后, 注入小槽空隙, 4℃静置 30 min 使其凝固; 将载玻片浸入预冷的细胞裂解液中, 4℃裂解 2 h; ddH₂O 洗 3 次, 5 min/次; 将载玻片浸入碱性电泳缓冲液(pH 13)中, 4℃避光解旋 25 min; 20~25 V, 200 mA 电泳 25 min; Tris-HCl 缓冲液浸洗 3 次, 5 min/次, 无水乙醇脱洗 3 次; 溴化乙锭(EB)(终浓度为 20 μ g/mL)避光染色 10 min, 荧光显微镜观察拍照记录, CASP 软件分析细胞拖尾变化。

1.2.6 Cur 对 SW-620 细胞凋亡的影响 细胞分组及处理同 1.2.3。加药孵育 12、24 h 后收集细胞, 将 100 μ L 凋亡试剂盒工作液与 100 μ L 细胞悬液混匀, 室温避光孵育 20 min 后进行流式细胞仪检测, 计算细胞早、晚期凋亡率。使用 Diva 软件进行分析。

细胞爬片处理后, 按分组加药孵育 12、24 h, 0.01 mol/L PBS 洗 2 次, 3.5%多聚甲醛 4℃固定 15 min, PBS 洗 2 次, 加入终浓度为 4 μ g/mL 的 DAPI 染液, 37℃染 15 min, PBS 洗 2 次, 同时采集细胞的荧光图像和相差图像进行细胞核形态观察。

1.2.7 Cur 对 SW-620 细胞迁移能力的影响 细胞爬片及加药分组处理同上述方法, 见 1.2.6。药物作用 24 h 后, 2.5%戊二醛 4℃固定过夜, 0.01 mol/L

PBS 洗 3 次,梯度酒精脱水 3 min/次。醋酸异戊酯置换无水酒精 3 min/次。 CO_2 临界点干燥仪中干燥。真空条件下将样品表面镀金。扫描电子显微镜下观察并采集图像。

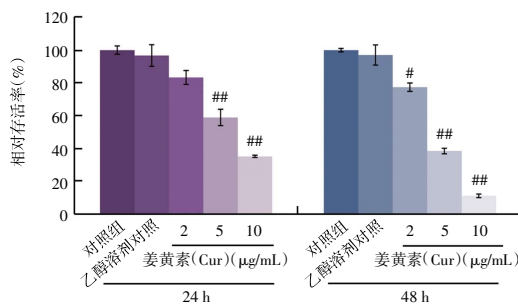
取经 Cur 处理后 12、24 h 的 SW-620 细胞(加药分组处理同 1.2.3),消化为单细胞悬液并计数 4×10^5 个细胞,用含 0.1%BSA 的无血清培养基重悬并接种到 Transwell 顶部室,并将 Transwell 室插入加有 10%血清培养基的 24 孔板中,孵育 72 h。用棉签擦拭顶部室内的细胞,用 0.1%结晶紫溶液对底部室细胞进行染色,检测移至膜下部的细胞。显微镜下观察并获取图像后,将黏附于细胞底部的结晶紫溶解在 33%的乙酸中,用酶标仪检测波长为 570 nm 吸光值,以对照组的吸光值为空白对照调零,计算相对 OD 值=(实验组 OD_{570} /对照组 OD_{570}) $\times 100\%$,实验重复 3 次。

1.3 统计学处理 采用 GraphPad Prism8.0 统计软件进行单因素方差分析(One-Way ANOVA),数据符合正态分布,以 $\bar{x} \pm s$ 表示,并做显著性检验, $P < 0.05$ 为差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 Cur 对 SW-620 细胞增殖具有抑制作用 如图 1 所示,处理细胞 24 h,与对照组相比,Cur 组细胞增殖被抑制,呈剂量依赖关系,Cur 浓度为 5、10 $\mu\text{g/mL}$

作用显著($t=5.28、21.8$,均 $P < 0.01$),细胞存活率分别为 58.96%和 35.28%。而处理细胞 48 h,2、5、10 $\mu\text{g/mL}$ Cur 组细胞存活率进一步下降至 77.45%($t=3.28、P < 0.05$)、38.54%($t=18.19, P < 0.01$)和 11.25%($t=33.19, P < 0.01$)。24、48 h 的 IC_{50} (半数抑制浓度)分别为 6.46 和 3.75 $\mu\text{g/mL}$ 。

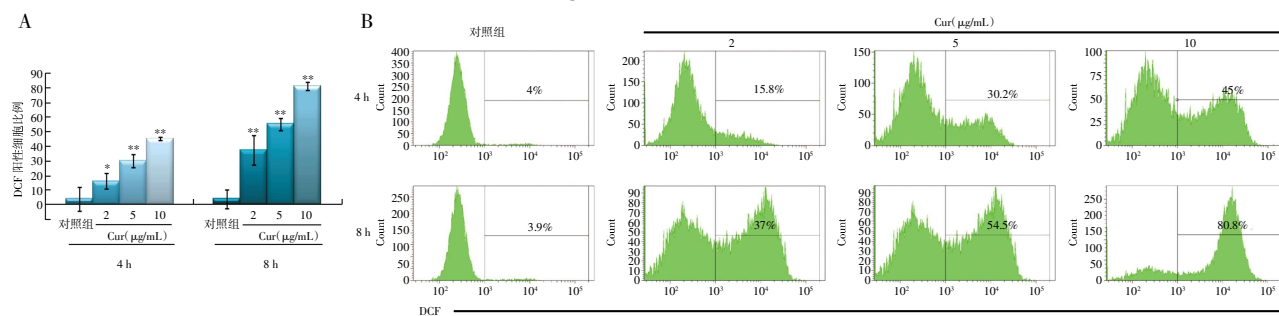


注:与对照组相比, # $P < 0.05$, ## $P < 0.01$; Cur:姜黄素

图 1 Cur 对 SW-620 细胞增殖的影响

Fig.1 Effect of Cur on cell viability of SW-620 cells

2.2 Cur 对 SW-620 细胞内 ROS 生成的影响 如图 2 所示,药物处理 4 h 后,与对照组相比,2、5、10 $\mu\text{g/mL}$ Cur 组 ROS 生成增多,即 DCF⁺的细胞比例由 4% 分别增加至 15.8% ($t=3.64, P < 0.05$)、30.2% 和 45% ($t=7.4、13.8$,均 $P < 0.01$),药物处理 8 h 后,DCF⁺细胞分别增加至 37%、54.5% 和 80.8% ($t=7.25、18.41、11.31$,均 $P < 0.01$)。



注:A:细胞内 ROS 生成量;B:DCFH-DA 染色结合流式细胞仪检测 Cur 处理后 SW-620 细胞内 ROS 生成量;Cur:姜黄素;ROS:活性氧簇;与对照组相比,* $P < 0.05$,** $P < 0.01$

图 2 Cur 对 SW-620 细胞内 ROS 生成的影响

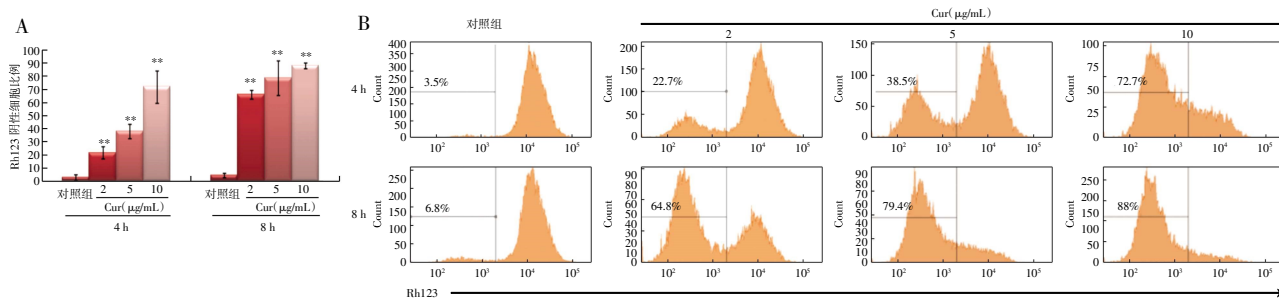
Fig.2 Effect of Cur on intracellular ROS generation of SW-620 cells

2.3 Cur 对 SW-620 细胞线粒体膜电位的影响 如图 3 所示,加药处理 4 h 后,2、5、10 $\mu\text{g/mL}$ Cur 组线粒体膜电位($\Delta\psi_m$)下降的细胞(即 Rh123 阴性细胞)比例分别为 22.7%、38.5% 和 72.7% ($t=7.7、11.32、45.26$,均 $P < 0.01$),呈现药物剂量依赖性。处理 8 h, $\Delta\psi_m$ 下降的细胞比例分别增加至 64.8%、79.4% 和 88% ($t=22.06、36.79、72.63$,均 $P < 0.01$)。

2.4 Cur 对 SW-620 细胞 DNA 损伤的影响 如图 4 所示,与对照组相比,10 $\mu\text{g/mL}$ Cur 组 DNA 损伤作用明显($t=4.55、7.7$,均 $P < 0.01$),荧光显微镜下表

现为 DNA 弥散现象显著,细胞核损伤严重,出现明显的 DNA 拖尾现象。

2.5 Cur 引起 SW-620 细胞发生凋亡 如图 5A 所示,对照组细胞核完整,染色质均匀的显示出 DAPI 的浅淡蓝色荧光,与之对应的相差图像显示出细胞膜完整,细胞为正常的贴壁状态。随着 Cur 浓度的增加和作用时间的延长,细胞发生形态变化,失去贴壁生长特征变为圆形且体积变小;细胞核物质固缩,DAPI 染色逐渐增强,显示出较为典型的细胞凋亡特征:细胞核聚集、形成 DNA 碎片。图 5B、5C 所示,加药

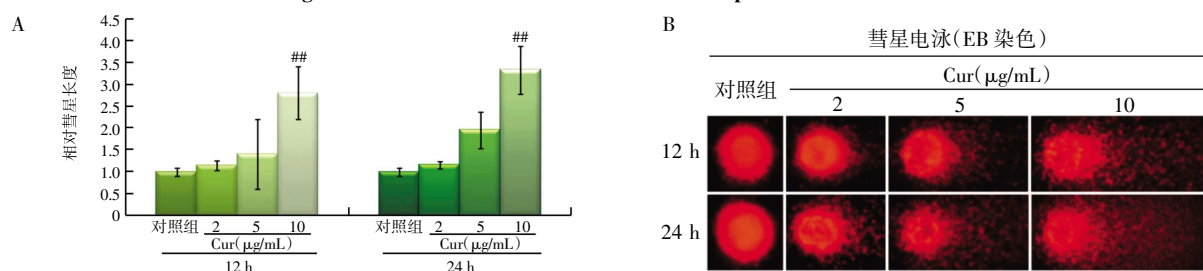


注:A:线粒体膜电位变化;B:Rh123 染色结合流式细胞仪检测 Cur 处理后 SW-620 细胞线粒体膜电位变化;Cur:姜黄素;与对照组相比,

** $P < 0.01$

图3 Cur 对 SW-620 细胞线粒体膜电位的影响

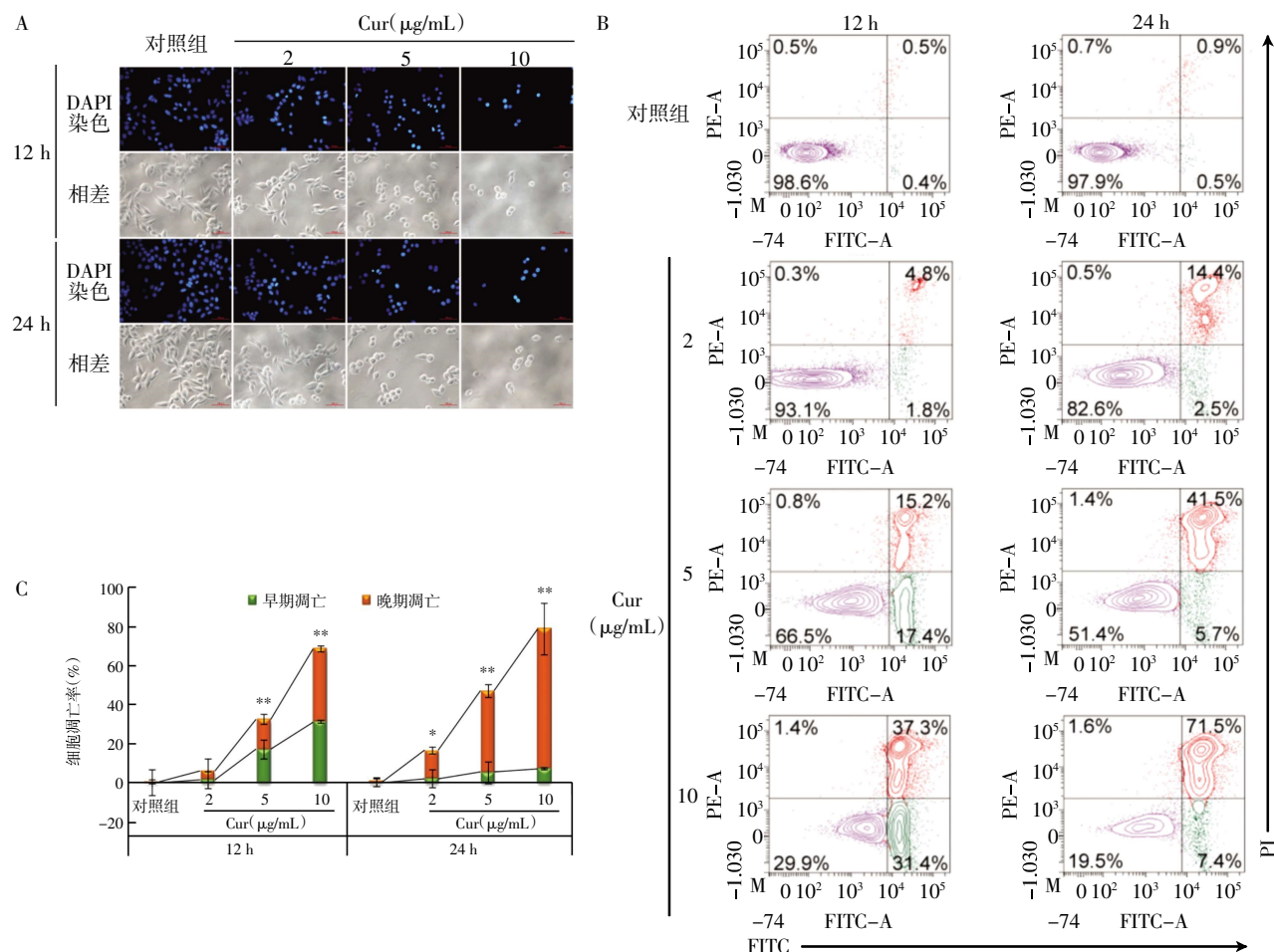
Fig.3 Effect of Cur on mitochondrial membrane potential of SW-620 cells



注:A:CASP 软件分析统计结果;B:EB 染色的荧光显微镜结果(200×);Cur:姜黄素;与对照组相比,## $P < 0.01$

图4 彗星电泳检测 Cur 对 SW-620 细胞 DNA 损伤的作用

Fig.4 Comet assay for the effect of Cur on DNA damage of SW-620 cells



注:A:DAPI 染色结合荧光显微镜观察 Cur 对 SW-620 细胞形态的影响(比例尺:100 µm);B:Annexin V-FITC/PI 检测 Cur 诱导 SW-620 细胞凋亡;C:细胞凋亡率统计分析;Cur:姜黄素;与对照组相比,* $P < 0.05$,** $P < 0.01$

图5 Cur 对 SW-620 细胞凋亡的影响

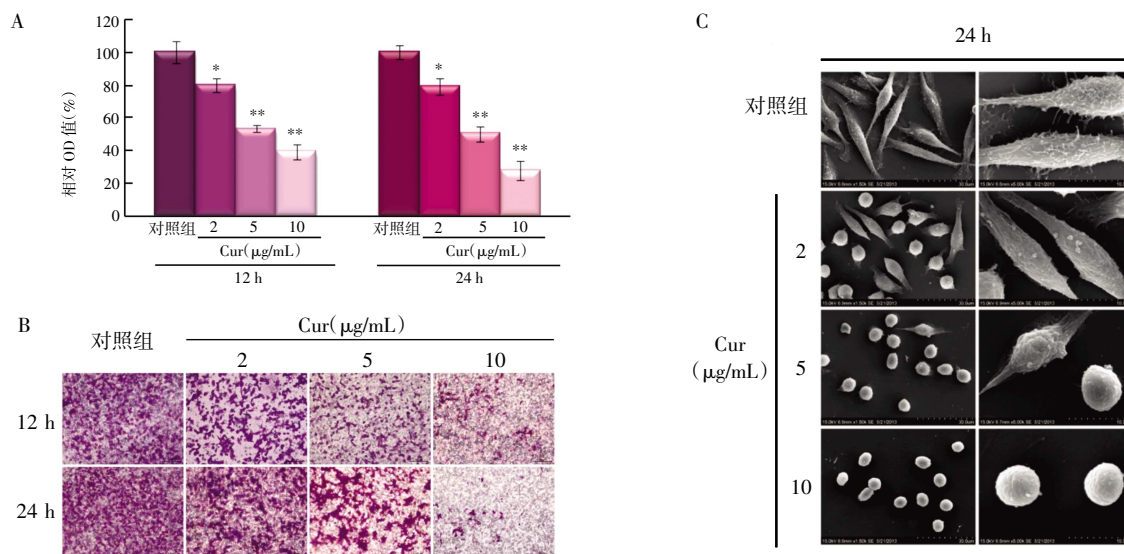
Fig.5 Effect of Cur on apoptosis of SW-620 cells

后 12 h, 2、5、10 $\mu\text{g/mL}$ Cur 组的凋亡细胞比例分别为 6.6% ($t=3.79, P=0.11$)、32.6% 和 68.7% ($t=21.3$ 、64.39, $P<0.01$), 具有药物剂量依赖性, 且在药物浓度为 5、10 $\mu\text{g/mL}$ 时显著诱导细胞凋亡 (均 $P<0.01$); 药物作用时间为 24 h 时, 与对照组相比, 2、5、10 $\mu\text{g/mL}$ Cur 组凋亡细胞比例分别增加至 16.9% ($t=10.37, P<0.05$)、47.2% 和 78.9% ($t=23.46$ 、19.8, 均 $P<0.01$), 具有时间依赖性。

2.6 Cur 抑制 SW-620 细胞迁移 图 6A 显示, 干预 12 h 时, 与对照组相比, 2、5、10 $\mu\text{g/mL}$ Cur 组迁移细胞的数量分别减少至 79.66% ($t=7.14, P<$

0.05)、53.36% 和 39.45% ($t=21.91$ 、25.04, 均 $P<0.01$), 24 h 时, 细胞迁移率分别下降至 79.2% ($t=8.99, P<0.05$)、50.3% 和 27.83% ($t=29.63$ 、26.98, 均 $P<0.01$)。

从图 6B 可以看出, 处理 12 和 24 h, 对照组中有许多细胞向底部室移动, 随着 Cur 药物浓度的增加, 迁移的细胞数量明显减少。扫描电镜观察 (图 6C) 对照组细胞呈梭形, 细胞膜完整并且表面分布丰富的微绒毛, 加药处理后, 细胞皱缩为圆形, 细胞表面微绒毛减少且出现片层状和指状突起, 局部细胞膜凹陷出现孔洞。



注: A: Transwell 实验结晶紫 OD 比值; B: Transwell 实验结晶紫染色的光学显微镜结果 (200 \times); C: 扫描电镜观察 Cur 处理后 SW-620 细胞的表面特征; Cur: 姜黄素; 与对照组相比, * $P<0.05$, ** $P<0.01$

图 6 Cur 对 SW-620 细胞迁移的影响
Fig.6 Effect of Cur on SW-620 cell migration

3 讨论

当今治疗肿瘤多以放射治疗、手术治疗、化学药物治疗等为主要治疗方案, 这些治疗手段给患者带来巨大身心创伤, 且不良反应较大^[13]。药食同源物质广泛存在于居民日常饮食中, 在满足人体基础营养需求外, 还可起到预防、治疗疾病的功效^[14-17]。其温润平和、口感舒适、营养丰富且安全性高的特点更适宜肿瘤患者的长期服用。Cur 主要是从姜黄的根茎中提取出来的, 具有多种药理作用^[18-19]。本研究结果表明: Cur 可有效抑制人结直肠癌细胞 SW-620 的生长, IC_{50} 在 24 和 48 h 分别为 6.46 和 3.75 $\mu\text{g/mL}$, 具有剂量和药物作用时间依赖性。进一步的研究发现, Cur 处理细胞后检测到细胞内 ROS 产生明显增多。细胞内 ROS 产生的主要场所是线粒体, 同时线粒体也极易受到 ROS 的伤害, 表现为线粒体膜通透性增大, 线粒体膜电位降低并释放凋亡诱导因

子, 激活凋亡相关蛋白以及 Caspase 级联反应, 引起 DNA 损伤, 诱导细胞发生凋亡^[20-21]。在本研究中, Cur 处理细胞后检测到线粒体膜电位显著下降; 彗星电泳及后续流式细胞仪检测分析发现, 随药物浓度增加和药物作用时间的延长, DNA 片段化明显增多, 最终诱导细胞凋亡。此外, 经 Cur 处理后的 SW-620 细胞表面微绒毛减少, 细胞迁移运动能力被有效的抑制, 但其中的作用机制有待进一步实验验证。

综上所述, Cur 诱导 SW-620 细胞发生凋亡可能与药物引起细胞内 ROS 生成增多、线粒体膜电位下降, 进而造成细胞 DNA 损伤有关; 此外, Cur 具有抑制 SW-620 细胞迁移的作用。本研究表明 Cur 可有效抑制体外人结直肠癌 SW-620 细胞增殖和迁移, 为今后 Cur 抗肿瘤的在体试验和临床应用奠定了基础。

参考文献:

- [1] LU L, MULLINS C S, SCHAFMAYER C, et al. A global assessment

- of recent trends in gastrointestinal cancer and lifestyle-associated risk factors[J]. *Cancer Commun (Lond)*, 2021, 41(11):1137-1151.
- [2] SUNG H, FERLAY J, SIEGEL R L, et al. Global cancer statistics 2020: globocan estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries[J]. *CA Cancer J Clin*, 2021, 7(3):209-249.
- [3] XIA C, DONG X, LI H, et al. Cancer statistics in China and United States, 2022: profiles, trends, and determinants[J]. *Chin Med J (Engl)*, 2022, 135(5):584-590.
- [4] CAO W, CHEN H D, YU Y W, et al. Changing profiles of cancer burden worldwide and in China: a secondary analysis of the global cancer statistics 2020[J]. *Chin Med J (Engl)*, 2021, 134(7):783-791.
- [5] DONG C, DING Y, WENG S, et al. Update in version 2021 of CSCO guidelines for colorectal cancer from version 2020[J]. *Chin J Cancer Res*, 2021, 33(3):302-307.
- [6] UROSEVIC M, NIKOLIC L, GAJIC I, et al. Curcumin: biological activities and modern pharmaceutical forms[J]. *Antibiotics (Basel)*, 2022, 11(2):135.
- [7] GHADERI S, BABAEI E, HUSSEN B M, et al. Gemini curcumin suppresses proliferation of ovarian cancer ocar-3 cells via induction of apoptosis[J]. *Anticancer Agents Med Chem*, 2021, 21(6):775-781.
- [8] HE W, XIA Y, CAO P, et al. Curcuminoid WZ35 synergize with cisplatin by inducing ROS production and inhibiting TrxR1 activity in gastric cancer cells[J]. *J Exp Clin Cancer Res*, 2019, 38(1):207.
- [9] LI M, GUO T, LIN J, et al. Curcumin inhibits the invasion and metastasis of triple negative breast cancer via Hedgehog/Gli1 signaling pathway[J]. *J Ethnopharmacol*, 2022, 283:114689.
- [10] WOOD D A, ROBBINS G F, ZIPPIN C, et al. Staging of cancer of the colon and cancer of the rectum[J]. *Cancer*, 1979, 43(3):961-968.
- [11] 张艳飞, 刘莉, 丁彦青. 具有相同遗传背景的人结肠癌细胞系生物学特性的鉴定[J]. *临床与实验病理学杂志*, 2008, 24(1):86-90.
- [12] LAM M, OLEINICK N L, NIEMINEN A L. Photodynamic therapy-induced apoptosis in epidermoid carcinoma cells. Reactive oxygen species and mitochondrial inner membrane permeabilization[J]. *J Biol Chem*, 2001, 276(50):47379-47386.
- [13] KURT S, ALTAN SARIKAYA N. Correlation of self-efficacy and symptom control in cancer patients[J]. *Support Care Cancer*, 2022, 30(7):5849-5857.
- [14] BIAN Y, ZENG H, TAO H, et al. A pectin-like polysaccharide from *Polygala tenuifolia* inhibits pancreatic cancer cell growth *in vitro* and *in vitro* by inducing apoptosis and suppressing autophagy[J]. *Int J Biol Macromol*, 2020, 162:107-115.
- [15] XU R, WU J, ZHANG X, et al. Modified Bu-zhong-yi-qi decoction synergies with 5 fluorouracil to inhibits gastric cancer progress via PD-1/PD-L1-dependent T cell immunization[J]. *Pharmacol Res*, 2020, 152:104623.
- [16] YANG J, LI Y, CHAU C I, et al. Efficacy and safety of traditional Chinese medicine for cancer-related fatigue: a systematic literature review of randomized controlled trials[J]. *Chin Med*, 2023, 18(1):142.
- [17] ZHANG Y M, MIAO Z M, CHEN Y P, et al. Ononin promotes radiosensitivity in lung cancer by inhibiting HIF-1 α /VEGF pathway[J]. *Phytomedicine*, 2024, 125:155290.
- [18] 贾福怀, 王彩霞, 袁媛, 等. 姜黄保健食品开发现状分析[J]. *农产品加工*, 2020, 19(7):69-72.
- [19] 刘春艳. 姜黄的化学成分研究[D]. 沈阳医科大学, 2008.
- [20] OABEN T. Oxidative stress and apoptosis: impact on cancer therapy[J]. *J Pharm Sci*, 2007, 96(9):2181-2196.
- [21] WISEMAN H, HALLIWELL B. Damage to DNA by reactive oxygen and nitrogen species: role in inflammatory disease and progression to cancer[J]. *Biochem J*, 1996, 313 (Pt 1):17-29.

(2024-06-07 收稿)

·读者·作者·编者·

《天津医科大学学报》对医学符号的使用说明

统计学符号不论用哪种字母,也不论大写或小写一律都用斜体。要注意区分拉丁字母和希腊字母。例如均数的符号是英文 \bar{x} ,卡方的符号是希腊字母 χ^2 ,自由度的符号是希腊文“ ν ”,样本的相关系数是英文“ r ”。

化学元素及核素在医学写作时一般多采用符号,都是拉丁字母正体大写。离子态是在右上角用数字加“-”或“+”表示。例如 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 P^{3-} 等等,不采用 Ca^{++} 、 P^{---} 、 Al^{+3} 、 O^{-2} 表示。核素的核子素(质量数)应写在元素符号的左上角,例如 ^{131}I 、 ^{32}P 。表示激发状态的 m 写在右上角,例如: $^{99\text{m}}\text{Te}$ 、 $^{133\text{m}}\text{In}$ 。在科技论文和专著中不应写核素的中文名称,即不能写成 131 碘、 133 铟 m 等。

近几年分子生物学发展很快,并已渗透到许多学科,大多数分子生物学名词术语的符号已有统一的确定形式,要对符号的来源及其内涵有深刻的了解,使用时不致发生错误,例如:RNA有rRNA(ribosomal RNA)、tRNA(transfer RNA)、mRNA(messenger RNA)3类。r、t、m是表示类型的符号应小写,RNA应大写。

本刊编辑部