



# 茶多酚对运动能力的影响

张秋萍

**摘要:** 茶多酚是从茶叶中提取的一类重要的生物活性物质, 具有显著的抗氧化功效, 在医药、食品等领域得到广泛应用。本文将对茶多酚的组成、生物活性、对运动能力的影响及生物利用度等方面进行综述。

**关键词:** 茶多酚; 抗氧化; 运动能力; 生物利用度

中图分类号: 804.5 文献标志码: A 文章编号: 1006-1207(2015)01-0041-04

## Effects of Tea Polyphenol on Exercise Performance

ZHANG Qiuping

(Shanghai Research Institute of Sports Science, Shanghai 200030, China)

**Abstract:** Tea polyphenol, extracted from green tea leaves, is an important bioactive substance. It has great antioxidant effect and is widely used in medicine and food area. The paper expounds the components of tea polyphenol, its biological activity, its effect on exercise performance, bioavailability, etc.

**Key Words:** tea polyphenol; antioxidation; exercise performance; bioavailability

茶多酚(Tea Polyphenol, TP)是茶叶中多酚类及其衍生物的总称,是茶叶中的主要有效成分。茶多酚具有多种生物学活性和药理效应,备受国内外研究者的关注,在很多领域显示出广阔的开发和应用前景。茶多酚显著的抗氧化活性使其在消除运动产生的过量自由基、保护骨骼肌损伤、促进运动疲劳恢复等方面具有特殊作用,因此在运动领域也广受关注。然而茶多酚在体内的生物利用度较低,因此如何提高生物利用度成为茶多酚开发应用的关键所在。本文将对茶多酚的组成、生物活性、对运动能力的影响及提高茶多酚生物利用度等方面进行综述。

## 1 茶多酚的化学组成

茶多酚(TP)是茶叶中一类主要的化学物质,又称茶单宁或茶鞣质,是茶叶中多酚类物质及其衍生物的总称,约占茶叶总干物质的 18%~36%<sup>[1]</sup>。茶多酚主要由 30 种化合物组成,可分为儿茶素、类黄酮、花青素和酚酸四大类。其中,儿茶素类含量最高,约占茶多酚总量的 70%~80%<sup>[1]</sup>。儿茶素按化学结构可分为酯型儿茶素[没食子儿茶素没食子酸酯(EGCG)、儿茶素没食子酸酯(ECG)]和游离型儿茶素[儿茶素(EC)、没食子儿茶素(EGC)]<sup>[2]</sup>。其中,EGCG 含量最高,约占儿茶素类总量的 80%<sup>[1]</sup>。

## 2 茶多酚的生物活性

茶多酚是一类氧化还原电位很低的还原剂,其分子结构中的酚羟基作为质子供体,使其具有强抗氧化性,且其抗氧化活性通常强于维生素 C 和维生素 E<sup>[3]</sup>。茶多酚的抗

氧化机理主要表现在以下方面:(1)作用于与自由基有关的酶;(2)直接作用于自由基;(3)与诱导氧化的过渡金属离子络合;(4)再生体内高效抗氧化剂;(5)与其他成分协同增效;(6)调节机体免疫力<sup>[4]</sup>。

茶多酚广泛的生理功能与其抗氧化活性密切相关,主要表现为抗菌、抗病毒、抗肿瘤、降血糖、降血脂、降压、防止心血管疾病、调节机体免疫力等<sup>[5,6]</sup>。

## 3 茶多酚与运动能力

### 3.1 抗氧化、抗疲劳作用

运动过程中机体会产生大量自由基,自由基的过度产生将导致氧化剂与抗氧化剂之间平衡的失调,引起机体疲劳,使运动能力下降。茶多酚物质结构中的酚羟基作为质子供体可提供活泼氢,具有抗氧化活性,是一类天然抗氧化剂,能与运动产生的过氧自由基发生反应,降低体内由于大量运动而产生的自由基,增加线粒体呼吸链产生的 ATP 量,进而使肌细胞中的 ATP 含量增加,加快疲劳恢复<sup>[7]</sup>。

Fan Liudong 等<sup>[8]</sup>采用体外羟自由基猝灭实验研究茶多酚的抗氧化活性,结果显示,茶多酚的羟自由基清除能力优于维生素 C,且呈剂量依赖型关系。小鼠负重游泳实验显示,茶多酚可明显延长小鼠负重游泳时间,具有一定的抗疲劳作用。茶多酚的抗氧化活性可能是其抗疲劳功效的主要作用机制。

杜云<sup>[9]</sup>通过实验观察不同剂量茶多酚提取物对抗大鼠运动疲劳的作用。结果显示,茶多酚提取物可延长大鼠力竭运动时间,提高运动后大鼠血乳酸脱氢酶活力,同时降

收稿日期: 2014-05-10

基金项目: 国家自然科学基金项目(81272010);上海市体育局科技综合计划项目(14ZH025)。

作者简介: 张秋萍,女,研究实习员,硕士。主要研究方向:运动人体科学。

作者单位: 上海体育科学研究所,上海 200030



低大鼠运动后血乳酸及尿素氮水平,尤以 300 mg/kg 剂量的效果最为明显,表明茶多酚提取物对运动大鼠有一定的抗疲劳作用。

Masaaki Tanaka 等<sup>[10]</sup>以疲劳大鼠为模型,研究了 EGCG 的抗疲劳作用。结果显示,一定剂量的 EGCG 能显著延长疲劳大鼠负重游泳时间,且能有效降低疲劳大鼠肝脏的脂质过氧化水平,表明 EGCG 确有一定的抗疲劳作用,对疲劳大鼠氧化损伤肝脏具有一定的保护作用。

屈萍等<sup>[11]</sup>以优秀赛艇和足球运动员为研究对象,分析绿茶活性提取物对有氧性运动疲劳恢复的作用。结果显示,绿茶活性提取物可显著降低有氧性运动疲劳后血清尿素(BU)含量,血清丙二醛(MDA)含量及血清肌酸激酶(CK)值,显著增强血清超氧化物歧化酶(SOD)及谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)的活性,表明绿茶提取物对骨骼肌损伤有一定程度的抑制和修复作用,可有效减少运动所造成的机体结构蛋白和功能蛋白的分解,并可通过直接清除氧自由基及其代谢产物,增强机体抗氧化酶活力等机制提高机体抗氧化能力,减少过量自由基对机体的损伤作用,从而促进机体运动性疲劳的恢复。

关于茶多酚化合物的抗氧化活性强弱,沈生荣等<sup>[12]</sup>采用电子自旋共振(ESR)和化学发光技术,研究了(-)-EGCG、(-)-ECG、(-)-EC、(-)-EGC4 种儿茶素及其不同组合,对超氧阴离子自由基(O<sub>2</sub><sup>-</sup>)的清除作用。结果表明,单一儿茶素以(-)-EGCG 的清除能力最强,相同浓度下的清除率顺序为(-)-EGCG > (-)-ECG > (-)-EC > (-)-EGC; 两两不同组合对 O<sub>2</sub><sup>-</sup> 的清除率以 (-)-EGCG+ (-)-ECG 效果最佳,比各自单独存在时要增效;三三组合时以(-)-EGCG+ (-)-ECG+(-)-EC 组合效果最佳,增效效果明显,且强于两两组合。4 种儿茶素组成不同的比例,以茶叶天然组成增效效果最明显。表明在茶多酚复合体中儿茶素的抗氧化反应存在着一种相互协调增效的循环作用。因此,在茶叶中提取抗氧化剂时,以保持原有儿茶素比例为佳。

### 3.2 对骨骼肌损伤的保护作用

急性运动后,骨骼肌组织中自由基产生增多,钙代谢紊乱,抑制 ATP 合成,造成骨骼肌损伤,引起运动性疲劳<sup>[13]</sup>。

刘霞等<sup>[13]</sup>研究茶多酚(TP)对大鼠力竭运动后骨骼肌组织 Ca<sup>2+</sup> 含量和 ATP 酶活性的影响,以及组织形态学变化,探讨 TP 对急性运动后大鼠骨骼肌损伤的保护作用。结果显示,TP 可以抑制力竭运动后骨骼肌组织中 Ca<sup>2+</sup> 含量的增加,减轻钙超载现象,维持钙稳态;抑制力竭运动后骨骼肌中 Ca<sup>2+</sup>-ATP 酶、Na<sup>+</sup>-K<sup>+</sup>-ATP 酶活性的下降,保持骨骼肌细胞内外 Ca<sup>2+</sup>、Na<sup>+</sup>、K<sup>+</sup> 交换平衡,改善骨骼肌的能量代谢,从而有效减轻力竭运动对骨骼肌造成的损伤。组织形态学观察亦证实 TP 对骨骼肌超微结构损伤有明显改善作用。

此外,力竭运动使大鼠骨骼肌丙二醛含量增加,超氧化物歧化酶、谷胱甘肽过氧化物酶、血浆总抗氧化能力活力下降。茶多酚可以降低运动后丙二醛水平,提高运动后大鼠骨骼肌超氧化物歧化酶、谷胱甘肽过氧化物酶、血浆总抗氧化能力活力,延长大鼠力竭时间,减轻骨骼肌氧化损伤,

进而提高运动能力<sup>[14]</sup>。

### 3.3 强心、保护心肌功能

力竭运动导致的心肌自由基升高及下游信号通路的增强是心肌损伤发生的主要原因<sup>[15]</sup>。

NADPH 氧化酶 4(NOX4)催化产生的活性氧(ROS)在心肌重构、心力衰竭等病理生理过程中起到了重要作用。有研究显示,EGCG 体外对 NADPH 氧化酶具有抑制作用<sup>[16]</sup>。徐彤彤等<sup>[15]</sup>以力竭运动小鼠为模型,探讨茶多酚对运动小鼠心肌组织活性氧产生的影响及其机制。结果显示茶多酚可明显延长小鼠力竭运动时间,抑制力竭运动所致的 NOX4 表达和 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 的产生,从而有效防止力竭运动后心肌损伤,保护心肌功能。其作用与二亚苯基碘(DPI)相似。

刘霞等<sup>[17]</sup>以小鼠力竭运动为模型,观察茶多酚对心肌组织钙离子(Ca<sup>2+</sup>)含量、钠泵(Na<sup>+</sup>-K<sup>+</sup>-ATPase)和钙泵(Ca<sup>2+</sup>-ATPase)活性、丙二醛(MDA)含量、超氧化物歧化酶(SOD)、谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)和总抗氧化能力(TAC)的影响。结果显示,茶多酚可抑制小鼠力竭运动后心肌 Ca<sup>2+</sup> 和 MDA 含量的显著升高,抑制小鼠心肌 Ca<sup>2+</sup>-ATPase、Na<sup>+</sup>-K<sup>+</sup>-ATPase、SOD、GSH-Px 和 TAC 的显著下降,表明茶多酚可减少力竭运动后自由基对心肌组织的攻击,具有保护力竭运动后心肌功能和防止心肌损伤的作用。

董华进<sup>[18]</sup>等观察了茶多酚(TP)对大、小鼠两种动物的强心、抗疲劳和镇静作用。结果显示,TP 能使大鼠左室内压最大变化速率明显增强,表明具有一定的强心作用;使小鼠游泳至死亡的时间明显延长,表明具有增强小鼠运动耐力,抗疲劳的作用;但 TP 对大鼠脑电和大、小鼠自发活动均无明显影响,表明 TP 无明显镇静作用。

### 3.4 免疫增强作用

剧烈运动会致机体免疫机能下降,抑制免疫细胞功能,不利运动能力的发挥和机体疲劳的恢复。张建伟等<sup>[19]</sup>对小鼠建立大强度耐力训练模型,以小鼠腹腔巨噬细胞和淋巴细胞增殖能力、脾 T 淋巴细胞的 CD<sub>3</sub><sup>+</sup>、CD<sub>4</sub><sup>+</sup>、CD<sub>8</sub><sup>+</sup> 细胞比率和血清 SIgA、IgM 和 IgG 为指标,探讨茶多酚对大强度耐力运动小鼠免疫功能的影响。结果显示茶多酚能显著增强运动小鼠腹腔巨噬细胞和淋巴细胞增殖能力,降低脾 T 淋巴细胞 CD<sub>3</sub><sup>+</sup>、CD<sub>4</sub><sup>+</sup>、CD<sub>8</sub><sup>+</sup> 细胞比率,显著增加血清 SIgA、IgM 和 IgG 含量,提示茶多酚具有提高力竭小鼠免疫力的作用。

### 3.5 对脂代谢的影响

马兰军等<sup>[20]</sup>以游泳大鼠为研究对象,通过检测其补充茶多酚过程中身体成分和脂肪代谢的变化,探讨茶多酚补充对游泳大鼠脂肪代谢的影响及其机理。结果显示,4 周茶多酚补充可明显减缓游泳大鼠体重和体脂增长速度,明显降低大鼠血清总胆固醇(TC)水平及游泳大鼠血清低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C)水平。同时,茶多酚补充可明显提高游泳大鼠血清脂蛋白脂酶(LPL)含量,并一定程度地



降低其血清肝脂酶(HL)水平。表明茶多酚影响游泳大鼠脂肪代谢过程可能与其影响脂肪代谢相关调控酶水平有关。

Murase T 等<sup>[21]</sup>研究绿茶提取物(GTE)对运动小鼠耐力水平,能量代谢和脂肪氧化作用的影响。结果显示,给予小鼠 0.2%~0.5%的 GTE 能显著延长游泳小鼠力竭时间 8%~24%,并且能降低呼吸商值,提高氧化速率。此外,GTE 能提高骨骼肌  $\beta$  氧化水平,显著降低运动后血乳酸水平,增加游离脂肪酸含量,提示 GET 可能通过动员脂肪氧化,促进脂肪利用,增加能量来源,以此提高运动耐力水平。

## 4 茶多酚的生物利用度

尽管茶多酚具有广泛的生理活性,但研究证实,其口服生物利用度很低。主要原因可能有:(1)在生理环境下稳定性差;(2)脂溶性差,口服吸收率低;(3)在吸收利用时易发生生物转化和肠道菌群降解作用;(4)多药耐药相关蛋白引起的主动外排<sup>[22]</sup>。

因此,提高茶多酚的口服生物利用度对有效利用茶多酚类物质至关重要。目前报道的改善茶多酚生物利用度的方式主要通过制备复合物和改变剂型实现。此外,与某些化合物的联合应用也能在一定程度上增加儿茶素类的体内吸收。

### 4.1 制备磷脂复合物

在非质子溶剂中,磷脂分子的极性头部可以和多酚化合物的羟基很好地结合,从而形成稳定的复合物(磷脂复合物)。磷脂复合物可以有效提高多酚的口服生物利用度,通常 AUC 值可以提高 3~5 倍<sup>[23,24]</sup>。

有研究表明,口服给予健康受试者一定剂量的绿茶提取物(茶多酚含量 > 60%,其中 EGCG > 40%),2 h 后 EGCG 的最大血药浓度(C<sub>max</sub>)为 0.8  $\mu$ g/mL;而给予同等剂量的绿茶磷脂复合物,2 h 后的 C<sub>max</sub> 为 1.9  $\mu$ g/mL。绿茶磷脂复合物的 AUC 值比单纯绿茶提取物提高了 3 倍。此外,口服给予绿茶提取物 4 h 后,血浆中 EGCG 已基本消除,而绿茶磷脂复合物 4 h 时血浆 EGCG 浓度比单纯绿茶提取物 2 h 时的最大血药浓度(0.8  $\mu$ g/mL)还要高<sup>[25]</sup>。

### 4.2 制备新剂型

通过制备新剂型以提高茶多酚的稳定性和发挥缓释作用,以此提高吸收率和生物利用度。以海藻酸钠和壳聚糖为壁材制备茶多酚微胶囊,结果表明明胶包埋后的微胶囊可使茶多酚的缓释性能及稳定性有较大提高<sup>[26]</sup>;范一文等采用薄膜超声分散法制备茶多酚脂质体以提高茶多酚稳定性和生物利用度<sup>[27]</sup>。此外,固体分散技术和纳米技术也为提高茶多酚稳定性和生物利用度提供了新的制备工艺<sup>[22]</sup>。

### 4.3 联合用药

#### 4.3.1 槲皮素

槲皮素能提高茶多酚在体内的生物利用度。研究发现,槲皮素通过抑制儿茶酚-O-甲基转移(COMT)酶和多药耐药蛋白(MRPs),能使 EGCG 在肺癌 A549 细胞和肾脏

786-O 细胞中的吸收分别增加 4 倍和 2 倍。在含绿茶提取物的小鼠饮食中加入 0.4%的槲皮素,能使小鼠肺和肾脏中茶多酚的分布含量增加 2~3 倍<sup>[28]</sup>。

#### 4.3.2 维生素 C 和木糖醇

维生素 C 和木糖醇能提高儿茶素类在体内的运输和生物利用度。Jae-Hwan Chung 等<sup>[29]</sup>研究发现,维生素 C 能有效增强游离型儿茶素(EC)的肠道吸收;维生素 C 和木糖醇联合使用则能显著增加酯型儿茶素(EGCG, ECG)的肠道转运和吸收率,并且呈剂量依赖型增加。由此提出,在绿茶配方中添加维生素 C 和木糖醇,或许能为提高儿茶素类在体内的生物利用度提供新途径。

### 4.4 服用方式

H-H. Sherry Chow 等<sup>[30]</sup>研究发现,相比随餐服用,健康受试者空腹口服茶多酚制剂,能显著提高儿茶素的生物利用度,其血浆 EGCG 浓度比随餐服用提高 3.5 倍以上。

## 5 安全性评价

很多研究表明,单次服用 800 mg 剂量的 EGCG 是安全的<sup>[31-34]</sup>。有研究显示,单次服用 1 200 mg 的 EGCG 能被人体很好地耐受<sup>[30]</sup>;也有报道指出,人体单次能耐受 EGCG 的剂量可以达到 1 600 mg<sup>[35]</sup>。较高剂量儿茶素可能引起的副反应主要是轻微和短暂的恶心反应<sup>[30]</sup>。

## 6 总结与展望

随着现代竞技体育的发展,训练强度不断增加,运动损伤和运动疲劳的发生也不可避免。如何减轻损伤、延缓运动疲劳的发生、加速运动疲劳的恢复成为运动研究领域的重点。茶多酚特殊的分子结构使其具有显著的抗氧化活性,能消除机体运动过程中产生的过量自由基、缓解肌肉疲劳和损伤、增强免疫力,从而提高机体运动能力。然而茶多酚在体内生物利用度较低,这也可能是茶多酚类制剂在实际应用中的瓶颈所在。通过制备复合物,探索新剂型和联合用药,能大大提高茶多酚在体内的吸收利用率,从而克服其生物利用度低的问题。此外,茶多酚作为天然提取物,毒副作用小,来源丰富,因此作为运动营养补剂开发,具有一定的应用和开发前景。

目前国内对茶多酚的研究仍然以动物实验为主,有效应用于人体的报道并不多见,这也可能与茶多酚体内生物利用度低,导致结果不理想有关。因此,茶多酚未来的应用研究应着力提高其口服生物利用度,并在此基础上,探索其对提高人体运动能力的作用及作用机制。

### 参考文献:

- [1] 熊正英,任博.茶多酚/儿茶素的补充与运动能力[J].山西师大体育学院学报,2006,21(2):114-117.
- [2] 廖系哈,金翠兰.茶多酚及其抗癌机理的研究进展[J].时珍国医国药,2006,17(9):1783-1785.
- [3] 曹明富,袁妙葆,杨贤强,等.茶多酚抗突变和消除自由基



- 作用的研究[J]. 科技通报, 1994, 10(5): 301-305.
- [4] 胡秀芳, 沈生荣, 朴宰日, 等. 茶多酚抗氧化机理研究现状[J]. 茶叶科学, 1999, 19(2): 93-103.
- [5] 张建海, 冯彬彬. 茶叶主要药效成分的药理作用及应用[J]. 宁夏农林科技, 2012, 53(01): 84-85, 90.
- [6] 周向军, 高义霞, 谢天柱, 等. 天然抗氧化剂茶多酚的研究进展[J]. 资源开发与市场, 2010, 26(11): 1034-1036.
- [7] 张艳秋, 孟凡玲. 茶多酚的生物学效应及其在运动中的应用机制[J]. 山西师大体育学院学报研究生论文专刊, 2006, 21: 138-140.
- [8] Fan Liudong, Zhai Feng, Shi Daoxing, et al. (2011). Evaluation of antioxidant properties and anti-fatigue effect of green tea polyphenols [J]. *Scientific Research and Essays*, 6 (13): 2624-2629.
- [9] 杜云. 茶多酚对运动大鼠抗疲劳作用的实验研究[J]. 西北大学学报(自然科学版), 2012, 42(5): 783-786.
- [10] Masaaki tanaka, Yoshitake Baba, Yosky Kataoka, et al. (2008). Effects of (-)-epigallocatechin gallate in liver of an animal model of combined (physical and mental) fatigue [J]. *Nutrition*, 24(6): 599-603.
- [11] 屈萍, 屈胜国, 郑俊. 绿茶活性提取物对有氧性运动疲劳恢复的作用[J]. 武汉体育学院学报, 2007, 41(12): 48-52
- [12] 沈生荣, 杨贤强, 杨法军, 等. 儿茶素抗氧化作用的协同增效效应[J]. 茶叶科学, 1993, 13(2): 141-146.
- [13] 刘霞, 李素云, 周春仙. 茶多酚对急性运动后大鼠骨骼肌组织损伤的保护作用[J]. 中国康复医学杂志, 2011, 26(5): 455-458.
- [14] 刘霞. 茶多酚对力竭运动大鼠骨骼肌组织氧化损伤的保护作用[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2010, 14(37): 6935-6937.
- [15] 徐彤彤, 吕祥威, 姚艳敏. 茶多酚对力竭运动小鼠心肌NADPH氧化酶及活性氧代谢的影响[J]. 中国医院药学杂志, 2011, 31(3): 211-213.
- [16] Steffen Y, Gruber C, Schewe T, et al. (2008). Mono-O-methylated flavanols and other flavonoids as inhibitors of endothelial NADPH oxidase [J]. *Arch Biochem Biophys*, 469(2): 209-219.
- [17] 刘霞, 路新国. 茶多酚对运动小鼠心肌钙离子-ATP酶及自由基代谢的影响[J]. 中国康复医学杂志, 2007, 22(12): 1062-1063, 1086.
- [18] 董华进, 詹皓, 辛益妹. 茶多酚对鼠的强心与抗疲劳作用[J]. 中华航空医学杂志, 1994, 5(4): 218-221.
- [19] 张建伟, 刘海燕, 张森. 茶多酚对大强度耐力运动小鼠免疫功能的影响[J]. 营养与保健, 2012, 33(11): 367-369.
- [20] 马兰军, 毛雁, 熊正英. 茶多酚补充对游泳大鼠脂肪代谢的影响及机理研究[J]. 武汉体育学院学报, 2008, 42(3): 73-76.
- [21] Murase T, Haramizu S, Shimotoyodome A, et al. (2005). Green tea extract improves endurance capacity and increases muscle lipid oxidation in mice [J]. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*, 288(3): R708-715.
- [22] 王巨鑫, 刘洋, 马莎莎, 等. 提高茶多酚口服生物利用度的研究进展[J]. 海峡药学, 2013, 25(7): 6-8.
- [23] Giacomelli S, Gallo D, Apollonio P, et al. (2002). Silybin and its bioavailable phospholipid complex (IdB 1016) potentiate in vitro and in vivo the activity of cisplatin [J]. *Life Sci*, 8; 70 (12): 1447-1459.
- [24] Filburn CR, Kettenacker R, Griffin DW. (2007). Bioavailability of a silybin-phosphatidylcholine complex in dogs [J]. *J Vet Pharmacol Ther*, 30(2): 132-138.
- [25] Pietta P, Simonetti P, Gardana C, et al. (1998). Relationship between rate and extent of catechin absorption and plasma antioxidant status [J]. *Biochem Mol Biol Int*, 46(5): 895-903.
- [26] 聂芊. 明胶包埋壳聚糖/海藻酸钠茶多酚的缓释性能[J]. 哈尔滨商业大学学报(自然科学版), 2005, 21(4): 418-420.
- [27] 范一文, 鲁群, 李地才, 等. 茶多酚脂质体的制备和物化性质研究[J]. 现代食品科技, 2011, 27(10): 1187-1191.
- [28] Wang P, Heber D, Henning SM. (2012). Quercetin increased bioavailability and decreased methylation of green tea polyphenols in vitro and in vivo [J]. *Food Funct*, 3(6): 635-642.
- [29] Chung JH, Kim S, Lee SJ, et al. (2013). Green tea formulations with vitamin C and xylitol on enhanced intestinal transport of green tea catechins [J]. *J Food Sci*, 78(5): C685-690.
- [30] H-H. Sherry Chow, Iman A. Hakim, Donna R. Vining, et al. (2005). Effects of Dosing Condition on the Oral Bioavailability of Green Tea Catechins after Single-Dose Administration of Polyphenon E in Healthy Individuals [J]. *Clin Cancer Res*, 11: 4627-4633.
- [31] Chow HH, Cai Y, Hakim IA, et al. (2003). Pharmacokinetics and safety of green tea polyphenols after multiple-dose administration of epigallocatechin gallate and polyphenon E in healthy individuals [J]. *Clin Cancer Res*, 9(9): 3312-3319.
- [32] Ullmann U, Haller J, Decourt JD, et al. (2004). Plasma-kinetic characteristics of purified and isolated green tea catechin epigallocatechin gallate (EGCG) after 10 days repeated dosing in healthy volunteers [J]. *Int J Vitam Nutr Res*, 74(4): 269-278.
- [33] Nquyen MM, Ahmann FR, Naqle RB, et al. (2012). Randomized, double-blind, placebo-controlled trial of polyphenon E in prostate cancer patients before prostatectomy: evaluation of potential chemopreventive activities [J]. *Cancer Prev Res(Phila)*, 5(2): 290-298.
- [34] Chow HH, Hakim IA, Vining DR, et al. (2006). Effects of repeated green tea catechin administration on human cytochrome P450 activity [J]. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev*, 15(12): 2473-2476.
- [35] Ullmann U, Haller J, Decourt JP, et al. (2003). A single ascending dose study of epigallocatechin gallate in healthy volunteers [J]. *J Int Med Res*, 31(2): 88-101.

(责任编辑:何聪)