

广东省成年职业运动员血脂异常调查

廖红娟, 张援, 宋爱晶, 孙娟, 官凌莉

广东省体育科学研究所实验检测中心, 广东 广州 510663

摘要: **目的** 了解广东省成年职业运动员血脂异常情况, 为开展职业运动员血脂筛查和健康管理提供依据。**方法** 于2019年采用整群抽样方法抽取广东省足球、曲棍球和手球等12项运动的18~30岁在役运动员为调查对象, 采用自行设计的问卷收集性别、年龄和运动项目资料; 检测总胆固醇(TC)、三酰甘油(TG)、低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C)和高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C), 计算非高密度脂蛋白胆固醇(non-HDL-C)含量, 分析不同性别和运动项目的运动员血脂异常情况。**结果** 调查460人, 年龄为(21.91±2.77)岁。男性245人, 占53.26%; 女性215人, 占46.74%。检出血脂异常119例, 检出率为25.87%; 其中高TC血症、高TG血症、高LDL-C血症、低HDL-C血症和高non-HDL-C检出率分别为20.22%、5.87%、13.04%、3.26%和9.57%。男性运动员高TG血症、低HDL-C血症和高non-HDL-C检出率分别为9.39%、5.31%和12.24%, 高于女性运动员的1.86%、0.93%和6.51% ($\chi^2=11.743, 6.951, 4.351$, 均 $P<0.05$); 男性运动员高TC血症检出率为17.96%, 低于女性运动员的22.79% ($\chi^2=8.627, P<0.05$)。不同运动项目的运动员血脂异常检出率比较, 差异有统计学意义 ($\chi^2=47.552, P<0.05$); 其中棒球(34.29%)、垒球(37.04%)和射击/射箭(52.73%)运动员血脂异常检出率较高。**结论** 广东省成年职业运动员血脂异常检出率为25.87%, 以高TC血症合并高LDL-C血症为主, 应重点关注男性运动员以及棒球、垒球、射击和射箭运动员血脂水平。

关键词: 职业运动员; 血脂; 血脂异常

中图分类号: R589.2 文献标识码: A 文章编号: 2096-5087 (2022) 06-0595-05

Prevalence of dyslipidemia among adult professional athletes in Guangdong Province

LIAO Hongjuan, ZHANG Yuan, SONG Aijing, SUN Juan, GUAN Lingju

Center of Laboratory, Guangdong Provincial Institute of Sports Science, Guangzhou, Guangdong 510663, China

Abstract: Objective To investigate the prevalence of dyslipidemia among adult professional athletes in Guangdong Province, so as to provide insights into dyslipidemia screening and health management among professional athletes. **Methods** In 2019, active athletes at ages of 18 to 30 years were recruited from 12 provincial sports teams in Guangdong Province using a cluster sampling method. A self-designed questionnaire survey was conducted to collect gender, age and sport items, and the levels of triglyceride (TG), total cholesterol (TC), low-density lipoprotein cholesterol (LDL-C) and high-density lipoprotein cholesterol (HDL-C) were detected. The non-HDL-C level was calculated, and the gender- and sport item-specific prevalence of dyslipidemia was estimated. **Results** Totally 460 athletes were investigated, including 245 males (53.26%) and 215 females (46.74%), with a mean age of (21.91±2.77) years. The overall detection of dyslipidemia was 25.87%, and the detection rates of high TG, high TC, high LDL-C, low-HDL-C and high non-HDL-C were 20.22%, 5.87%, 13.04%, 3.26% and 9.57%, respectively. The detection rates of high TG (9.39% vs. 1.86%; $\chi^2=11.743, P<0.05$), low HDL-C (5.31% vs. 0.93%; $\chi^2=6.951, P<0.05$) and high non-HDL-C (12.24% vs. 6.51%; $\chi^2=4.351, P<0.05$) were significantly greater in men than in women, and the detection of high TC was lower in men than in women (17.96% vs. 22.79%; $\chi^2=8.627, P<0.05$). There was a significant difference in the detection of dyslipidemia among athletes engaging in different sport items ($\chi^2=47.552, P<0.05$), and a high detection rate of dyslipidemia was

DOI: 10.19485/j.cnki.issn2096-5087.2022.06.010

作者简介: 廖红娟, 硕士, 副研究员, 主要从事运动员健康管理研究

通信作者: 廖红娟, E-mail: liaohongjuan123@163.com.

seen in baseball athletes (34.29%), softball athletes (37.04%), shooting/archery athletes (52.73%). **Conclusions** The prevalence of dyslipidemia was 25.87% among adult professional athletes in Guangdong Province, and high TC in combination with high LDL-C were the predominant type of dyslipidemia. The management of blood lipids should be given a high priority to male athletes and baseball, softball and shooting/archery athletes.

Keywords: professional athlete; blood lipid; dyslipidemia

血脂异常是动脉粥样硬化性心血管疾病的主要危险因素。研究表明,长期从事高强度运动训练的职业运动员虽然总胆固醇(TC)、三酰甘油(TG)和低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C)水平较低,高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C)水平较高,但血脂异常仍较常见^[1-4]。尤其是LDL-C水平与职业运动员心肌功能指数呈显著负相关,在一定程度上影响运动能力^[5]。尽早发现并纠正血脂异常,降低LDL-C水平,有利于提高运动表现,更有利于降低心血管疾病发生风险。为了解广东省职业运动员血脂异常情况,于2019年调查广东省成年职业运动员血脂水平,分析不同运动项目的运动员血脂异常情况。现将结果报道如下。

1 对象与方法

1.1 对象 采用整群抽样方法抽取广东省足球、曲棍球、手球、棒球、垒球、自行车、射击、射箭、摔跤、柔道、拳击和跆拳道共12个运动项目的18~30岁在役职业运动员为调查对象。调查对象代理人(队医或科研人员)签署知情同意书。

1.2 方法 由经过统一培训的调查人员采用自行设计的问卷收集调查对象的性别、年龄和运动项目资料。采集清晨空腹静脉血5 mL,送至广东省体育科学研究所实验室,采用西门子 Dimension Xpand 全自动生化分析仪检测TC、TG、LDL-C和HDL-C,计算非高密度脂蛋白胆固醇(non-HDL-C)含量。依据《中国成人血脂异常防治指南(2016年修订版)》^[6],符合以下任一项即判定为血脂异常:TC \geq 5.2 mmol/L为高TC血症;TG \geq 1.7 mmol/L为高TG血症;LDL-C \geq 3.4 mmol/L为高LDL-C血症;HDL-C $<$ 1.0 mmol/L为低HDL-C血症;non-HDL-C \geq 4.1 mmol/L为高non-HDL-C。

1.3 统计分析 采用SPSS 22.0软件统计分析。定性资料采用相对数描述,组间比较采用 χ^2 检验。定量资料服从正态分布的采用均数 \pm 标准差($\bar{x} \pm s$)描述,组间比较采用 t 检验或单因素方差分析;不服从正态分布的采用中位数和四分位数间距 $[M(Q_R)]$ 描述,组间比较采用Wilcoxon秩和检验或Kruskal-

Wallis H 检验。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 基本情况 调查460人,年龄为(21.91 \pm 2.77)岁。男性245人,占53.26%;女性215人,占46.74%。足球58人,占12.61%;曲棍球54人,占11.74%;手球51人,占11.09%;棒球35人,占7.61%;垒球27人,占5.87%;自行车22人,占4.78%;射击/射箭55人,占11.96%;摔跤46人,占10.00%;柔道41人,占8.91%;拳击21人,占4.56%;跆拳道50人,占10.87%。

2.2 血脂水平 检测TC水平为(4.56 \pm 0.80) mmol/L, TG水平为(0.92 \pm 0.61) mmol/L, HDL-C水平为(1.62 \pm 0.35) mmol/L, LDL-C水平为(2.63 \pm 0.70) mmol/L, non-HDL-C水平为(2.95 \pm 0.78) mmol/L。男性运动员TG、LDL-C和non-HDL-C水平均高于女性运动员($P < 0.05$), HDL-C水平低于女性运动员($P < 0.05$)。不同运动项目的运动员TC、TG、LDL-C、HDL-C和non-HDL-C水平比较,差异均有统计学意义($P < 0.05$)。见表1。

2.3 血脂异常检出情况 检出血脂异常119例,检出率为25.87%。其中,高TC血症93例,检出率为20.22%;高TG血症27例,检出率为5.87%;高LDL-C血症60例,检出率为13.04%;低HDL-C血症15例,检出率为3.26%;高non-HDL-C血症44例,检出率为9.57%。仅1项血脂指标异常53例,占44.54%,其中高TC血症、高TG血症、低HDL-C血症和高LDL-C血症分别为34、10、7和2例;多项血脂指标异常66例,占55.46%,其中高TC血症+高LDL-C血症57例,高TC血症+高LDL-C血症+高non-HDL-C血症41例。

男性运动员高TG血症、低HDL-C血症和高non-HDL-C的检出率均高于女性运动员($P < 0.05$);高TC血症检出率低于女性运动员($P < 0.05$)。不同运动项目的运动员高TC血症、高TG血症、高LDL-C血症、高non-HDL-C和血脂异常的检出率比较,差异均有统计学意义($P < 0.05$)。见表2。

表 1 广东省职业运动员血脂水平比较 [M (QR), mmol/L]

Table 1 Comparison of blood lipid levels among professional athletes in Guangdong Province [M (QR), mmol/L]

项目 Item	TC	TG	LDL-C	HDL-C	non-HDL-C
性别 Gender					
男 Male	4.39 (0.98)	0.85 (0.49)	2.60 (0.94)	1.46 (0.38)	2.89 (1.06)
女 Female	4.56 (1.11)	0.72 (0.29)	2.46 (0.89)	1.73 (0.42)	2.71 (0.98)
Z 值	1.873	4.699	2.047	9.446	2.175
P 值	0.062	<0.001	0.040	<0.001	0.030
运动项目 Sports					
足球 Football	4.41 (1.35)	0.85 (0.47)	2.45 (0.86)	1.54 (0.48)	2.72 (1.03)
曲棍球 Hockey	4.36 (1.28)	0.70 (0.26)	2.31 (0.97)	1.67 (0.50)	2.72 (1.08)
手球 Handball	4.54 (1.09)	0.83 (0.44)	2.49 (0.95)	1.61 (0.44)	2.91 (0.91)
棒球 Baseball	4.67 (1.15)	0.96 (0.68)	2.93 (1.19)	1.36 (0.36)	3.14 (1.42)
垒球 Softball	5.00 (1.07)	0.72 (0.24)	2.59 (0.93)	1.90 (0.61)	3.00 (1.01)
自行车 Cycling	4.24 (0.87)	0.83 (0.31)	2.36 (0.72)	1.64 (0.32)	2.34 (0.83)
射击/射箭 Shooting/archery	4.92 (1.67)	0.94 (0.80)	3.04 (0.97)	1.49 (0.48)	3.48 (1.21)
摔跤 Wrestling	4.42 (1.23)	0.81 (0.35)	2.57 (0.91)	1.58 (0.47)	2.78 (1.09)
柔道 Judo	4.51 (0.82)	0.67 (0.32)	2.53 (0.85)	1.61 (0.35)	2.71 (0.86)
拳击 Boxing	4.32 (0.80)	0.78 (0.40)	2.39 (1.82)	1.62 (0.47)	2.70 (0.78)
跆拳道 Taekwondo	4.13 (0.74)	0.63 (0.25)	2.32 (0.65)	1.62 (0.42)	2.57 (0.69)
χ ² 值	41.901	46.586	52.371	39.308	58.873
P 值	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

表 2 广东省职业运动员血脂异常检出率比较 [n (%)]

Table 2 Comparison of the prevalence of dyslipidemia among professional athletes in Guangdong Province [n (%)]

项目 Item	高 TC 血症 High TC	高 TG 血症 High TG	高 LDL-C 血症 High LDL-C	低 HDL-C 血症 Low HDL-C	高 non-HDL-C High non-HDL-C	血脂异常 Dyslipidemia
性别 Gender						
男 Male	44 (17.96)	23 (9.39)	37 (15.10)	13 (5.31)	30 (12.24)	67 (27.35)
女 Female	49 (22.79)	4 (1.86)	23 (10.70)	2 (0.93)	14 (6.51)	52 (24.19)
χ ² 值	8.627	11.743	1.958	6.951	4.351	0.597
P 值	0.046	0.001	0.162	0.008	0.040	0.440
运动项目 Sports						
足球 Football	9 (15.52)	0 (0)	3 (5.17)	0 (0)	2 (3.45)	9 (15.52)
曲棍球 Hockey	14 (25.93)	3 (5.56)	8 (14.81)	2 (3.70)	5 (9.26)	17 (31.48)
手球 Handball	10 (19.61)	2 (3.92)	5 (9.80)	2 (3.92)	1 (1.96)	14 (27.45)
棒球 Baseball	9 (25.71)	4 (11.43)	9 (25.71)	2 (5.71)	8 (22.86)	12 (34.29)
垒球 Softball	10 (37.04)	0 (0)	2 (7.41)	0 (0)	1 (3.70)	10 (37.04)
自行车 Cycling	0 (0)	1 (4.55)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (4.55)
射击/射箭 Shooting/archery	22 (40.00)	11 (20.00)	20 (36.36)	3 (5.45)	15 (27.27)	29 (52.73)
摔跤 Wrestling	9 (19.57)	3 (6.52)	7 (15.22)	3 (6.52)	5 (10.87)	13 (28.26)
柔道 Judo	5 (12.20)	2 (4.88)	2 (4.88)	3 (7.32)	4 (9.76)	9 (21.95)
拳击 Boxing	3 (14.29)	1 (4.76)	2 (9.52)	0 (0)	2 (9.52)	3 (14.29)
跆拳道 Taekwondo	2 (4.00)	0 (0)	2 (4.00)	0 (0)	1 (2.00)	2 (4.00)
χ ² 值	36.466	30.841	45.608	11.300	39.809	47.552
P 值	<0.001	0.001	<0.001	0.335	<0.001	<0.001

3 讨论

本次调查广东省职业运动员 460 人, 年龄为 (21.91±2.77) 岁, 涵盖足球、曲棍球和手球等 12 个运动项目, 检测 TC、TG、LDL-C、HDL-C 和 non-HDL-C 平均水平均在《中国成人血脂异常防治指南(2016 年修订版)》^[6] 正常范围内。与广州市同性别、同年龄段普通人群^[7] 相比, 男性运动员 TC、TG 和 LDL-C 水平较低, HDL-C 水平较高; 女性运动员 TG 水平较低, HDL-C 水平较高。提示长期规律的体育运动对血脂代谢产生积极影响。

血脂异常检出率为 25.87%, 以高 TC 血症合并高 LDL-C 血症为主, 与胡小琴等^[3] 的研究结果一致, 可能与运动员高糖、高脂、高蛋白饮食结构有关。男性运动员高 TG 血症、高 LDL-C 血症、低 HDL-C 血症和高 non-HDL-C 检出率高于女性运动员, 考虑与男性运动员训练强度更大, 能量消耗更多, 高热量食物摄入较多有关。男性运动员高 TC 血症检出率低于女性运动员, 与广州市^[7]、深圳市^[8] 和苏州市^[9] 同年龄段普通人群调查结果不同, 可能与长期高强度运动训练易引起女性生殖轴内分泌功能紊乱, 雌激素分泌减少, 胆固醇合成增加有关^[10-11]。因此应制定针对运动员的血脂异常防控策略, 以降低 TC 水平为主, 多关注女性运动员内分泌状态, 男性运动员侧重于科学化饮食调整。

不同运动项目的运动员血脂异常检出率存在差异, 对有氧耐力要求较高的足球、自行车和跆拳道运动员血脂异常检出率较低, 静力性负荷项目(射击、射箭)和力量型项目(棒球、垒球)运动员血脂异常检出率较高。不同运动方式能量代谢水平不同, 对脂质代谢的影响不同: 有氧耐力性运动可增加肌肉脂蛋白脂肪酶活性, 从而刺激脂肪分解提供能量; 力量型运动过程中主要以碳水化合物作为底物提供能量, 脂肪分解供能占比较少^[12-15]。提示在日常训练中应增加棒球、垒球、射击和射箭运动员中低强度有氧运动训练内容, 改善其血脂代谢状态。

综上所述, 广东省成年职业运动员血脂异常检出率为 25.87%, 以高 TC 血症合并高 LDL-C 血症为主, 应重点关注男性运动员以及垒球、棒球、射击和射箭运动员血脂异常情况。体育训练基地科研管理部门应加强运动员血脂监测和干预工作, 积极开展血脂健康教育和行为指导。运动营养师应加强运动员膳食营养指导, 制定有效干预措施。教练员应重视静力性项目和力量型项目运动员的有氧训练。

参考文献

- [1] AGOSTINETE R R, DUARTE J P, VALENTE-DOS-SANTOS J, et al. Bone tissue, blood lipids and inflammatory profiles in adolescent male athletes from sports contrasting in mechanical load [J/OL]. *PLoS One*, 2017, 12 (6) [2022-04-02]. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0180357>.
- [2] D'ASCENZI F, CASELLI S, ALVINO F, et al. Cardiovascular risk profile in Olympic athletes: an unexpected and underestimated risk scenario [J]. *Br J Sports Med*, 2019, 53 (1): 37-42.
- [3] 胡小琴, 李璟, 宋克宁. 国家队女子举重运动员代谢指标检测分析 [J]. *中国运动医学杂志*, 2013, 32 (10): 919-920.
HU X Q, LI J, SONG K N. Analysis of metabolic indexes of National team female weightlifters [J]. *Chin J Sports Med*, 2013, 32 (10): 919-920.
- [4] 赵瑞, 黄胜楠, 肖暖. 中等强度有氧运动预防高胆固醇血症患者动脉粥样硬化性心血管疾病效果评价 [J]. *预防医学*, 2022, 34 (1): 58-62.
ZHAO R, HUANG S N, XIAO N. Effectiveness of moderate aerobic exercise on prevention of atherosclerotic cardiovascular diseases in patients with hypercholesterolemia [J]. *Prev Med*, 2022, 34 (1): 58-62.
- [5] DUYULER S. Myocardial performance in elite athletes: the role of homocysteine, iron, and lipids [J]. *Med Sci Monit*, 2019, 25: 1194-1203.
- [6] 中国成人血脂异常防治指南修订联合委员会. 中国成人血脂异常防治指南(2016 年修订版) [J]. *中华健康管理学杂志*, 2017, 11 (1): 7-28.
Joint Committee Issued Chinese Guideline for the Management of Dyslipidemia in Adults. 2016 Chinese guideline for the management of dyslipidemia in adults [J]. *Chin J Health Manag*, 2017, 11 (1): 7-28.
- [7] 谭燮文, 李力, 刘健, 等. 2013 年广州地区体检人群血脂分布特征 [J]. *中国实用内科杂志*, 2014, 34 (Suppl.2): 1-4.
TAN X W, LI L, LIU J, et al. Distribution features of blood lipids among physical examination population in Guangzhou in 2013 [J]. *Chin Pract Intern Med*, 2014, 34 (Suppl.2): 1-4.
- [8] 林锦波, 刘陈黎, 张云凤, 等. 深圳市社区健康体检人群血脂水平分析 [J]. *广东医学*, 2015, 36 (11): 1743-1745.
LIN J B, LIU C L, ZHANG Y F, et al. Analysis of blood lipid levels in Shenzhen community health check-up population [J]. *Guangdong Med J*, 2015, 36 (11): 1743-1745.
- [9] 杨海珍, 陆朝晖, 张文雅, 等. 苏州市 35 岁以下健康体检人群血脂相关指标分析 [J]. *临床输血与检验*, 2017, 19 (5): 465-467.
YANG H Z, LU Z H, ZHANG W Y, et al. Analysis of blood lipid related indexes in healthy people under 35 years old in Suzhou [J]. *J Clin Transfus Lab Med*, 2017, 19 (5): 465-467.
- [10] 贾文娟. 不同强度运动对女运动员月经周期性激素水平的影响及调整对策 [J]. *绵阳师范学院学报*, 2008, 27 (11): 134-137.
JIA W J. Effects of different intensities of exercise on the menstrual cycle hormone levels of female athletes and their adjustment countermeasures [J]. *J Mianyang Normal Univ*, 2008, 27 (11):

- 134-137.
- [11] RICKENLUND A, ERIKSSON M J, SCHENCK-GUSTAFSSON K, et al. Amenorrhea in female athletes is associated with endothelial dysfunction and unfavorable lipid profile [J]. *J Clin Endocrinol Metab*, 2005, 90 (3): 1354-1359.
- [12] ZACHAREWICZ E, HESSELINK M K C, SCHRAUWEN P. Exercise counteracts lipotoxicity by improving lipid turnover and lipid droplet quality [J]. *J Intern Med*, 2018, 284 (5): 505-518.
- [13] VARAEVA Y R, LIVANTSOVA E N, POLENOVA N V, et al. Characteristics of blood lipid profiles of professional athletes: a literature review [J]. *Curr Pharm Des*, 2020, 26 (1): 98-102.
- [14] 宓云峰, 励丽, 胡芳芳, 等. 两种不同频率运动对肥胖患者的干预效果比较 [J]. *预防医学*, 2018, 30 (4): 367-369.
MI Y F, LI L, HU F F, et al. Intervention effect of exercise with different intensities on obese patients [J]. *Prev Med*, 2018, 30 (4): 367-369.
- [15] 俞志红, 朱利月, 周欢琴. 规律有氧运动对原发性高血压患者动脉弹性的影响 [J]. *预防医学*, 2016, 28 (3): 240-243.
YU Z H, ZHU L Y, ZHOU H Q. A study on the effect of regular aerobic exercise on artery elasticity among patients with essential hypertension [J]. *Prev Med*, 2016, 28 (3): 240-243.
- 收稿日期: 2022-01-25 修回日期: 2022-04-02 本文编辑: 吉兆洋

(上接第 594 页)

- SUI H, WANG W. Commentary on Chinese guidelines for the Management of Hypertension in the Community (2014 revised edition) [J]. *Clin Focus*, 2015, 30 (7): 721-724.
- [12] 中华医学会糖尿病学分会. 中国 2 型糖尿病防治指南 (2020 年版) [J]. *中华糖尿病杂志*, 2021, 13 (4): 315-409.
Chinese Diabetes Society. Guidelines for the prevention and control of type 2 diabetes in China (2020 edition) [J]. *Chin J Diabetes Mellit*, 2021, 13 (4): 315-409.
- [13] 张荣, 张云君, 甫尔哈提·吾守尔, 等. 2013—2014 年新疆维吾尔自治区成年居民血脂异常流行状况及其相关因素 [J]. *中华预防医学杂志*, 2018, 52 (11): 1152-1157.
- [14] YAN Y Z, MA R L, DING Y S, et al. Association of inflammation with metabolic syndrome among low-income rural Kazakh and Uyghur adults in far western China [J/OL]. *Mediators Inflamm*, 2015 [2022-03-04]. <https://doi.org/10.1155/2015/706768>.
- [15] 胡世云, 俞蔚, 徐小玲, 等. 浙江省 35~75 岁常住居民血脂异常情况调查 [J]. *预防医学*, 2020, 32 (5): 437-441.
HU S Y, YU W, XU X L, et al. Prevalence of dyslipidemia among the residents aged 35-75 years in Zhejiang Province [J]. *Prev Med*, 2020, 32 (5): 437-441.
- [16] 何佳, 郭恒, 张景玉, 等. 2010 年新疆哈萨克族、维吾尔族农村居民超重和肥胖情况调查 [J]. *中华预防医学杂志*, 2013, 47 (10): 954-957.
HE J, GUO H, ZHANG J Y, et al. Epidemiological study on overweight and obesity among rural adult residents in Hazakh and Uygur population in Xinjiang province, 2010 [J]. *Chin J Prev Med*, 2013, 47 (10): 954-957.
- [17] PAN L, YANG Z, WU Y, et al. The prevalence, awareness, treatment and control of dyslipidemia among adults in China [J]. *Atherosclerosis*, 2016, 248: 2-9.
- [18] 李辉, 段东辉, 王永, 等. 宁波市居民血脂异常及影响因素分析 [J]. *预防医学*, 2019, 31 (5): 474-478.
LI H, DUAN D H, WANG Y, et al. Prevalence and influencing factors of dyslipidemia among Ningbo residents [J]. *Prev Med*, 2019, 31 (5): 474-478.
- [19] LIU X Y, LU Q, CHEN W J, et al. New research advances in genetics associated with high-density lipoprotein cholesterol [J]. *Prog Biochem Biophys*, 2012, 39 (12): 1145-1155.
- 收稿日期: 2021-11-22 修回日期: 2022-03-04 本文编辑: 徐文璐