

文章编号: 1000-5862(2013)06-0611-06

牡蛎多肽对长期大负荷训练大鼠 血睾酮、LH 和 StAR mRNA 表达的影响

罗齐军¹, 鲁顺保², 李红¹, 靖洲³, 熊静宇¹, 张艳杰^{2*}

(1. 湛江师范学院体育科学学院, 广东 湛江 524048; 2. 江西师范大学生命科学学院/江西省亚热带植物
资源保护与利用重点实验室, 江西 南昌 330022; 3. 卫生部人才交流服务中心命题二处, 北京 100097)

摘要: 为探讨补充牡蛎多肽对长期大负荷训练大鼠血睾酮、LH 和 StAR mRNA 表达的影响, 将 32 只雄性 SD 大鼠随机分成 4 组: 对照组(QC)、单纯运动组(SE)、运动+低剂量牡蛎多肽组(E+LOP)和运动+高剂量牡蛎多肽组(E+HOP)。除 QC 组外各组每周按照训练方案建立长期大负荷训练模型。E+LOP 组和 E+HOP 组每次运动结束 2 h 后补充相应剂量的牡蛎多肽, QC 组和 SE 组补充等体积的生理盐水, 并且每周末记录各组大鼠质量。5 周后麻醉组织取材, 取血测定红蛋白(HGB), 利用放免法检测各组大鼠血清睾酮(T)和黄体生成素(LH)含量, RT-PCR 检测睾丸组织中 StAR mRNA 表达水平。结果表明: 5 周后, 与 QC 组比较, SE 组 HGB、血清 T 水平在统计学意义上显著降低($P < 0.05$), LH 水平无统计学意义上的显著差异($P > 0.05$), 大鼠质量随着周次增加增重减小($P < 0.01$), StAR mRNA 表达量低($P < 0.01$); 与 SE 组比较, E+LOP 和 E+HOP 组 HGB、血清 T 水平在统计学意义上显著升高($P < 0.05$), LH 水平无统计学意义上的显著差异($P > 0.05$), 大鼠质量随着周次增加增重变大($P < 0.05$), StAR mRNA 表达量高($P < 0.05$); E+LOP 和 E+HOP 组之间无统计学意义上的显著差异($P > 0.05$)。因此补充牡蛎多肽可以促进睾丸组织 StAR mRNA 表达, 从而使间质细胞睾酮合成增加, 有利于改善长期大负荷训练导致的低血 T。

关键词: 牡蛎多肽; 训练; 睾酮; StAR mRNA 表达

中图分类号: G 804.7

文献标志码: A

0 引言

运动训练会影响血睾酮的水平, 一次性长时间运动可导致血睾酮浓度降低, 在短期内可以恢复; 长时间大运动量训练会使血睾酮水平下降, 进而导致体能下降、运动能力降低或产生疲劳^[1]。有关运动导致血睾酮降低的机制, 目前大多数的观点认为是下丘脑-垂体-性腺轴在多个环节被抑制, 或是间质细胞睾酮合成环节, 即介导睾酮合成相关的底物转运蛋白 StAR 和睾酮合成代谢途径的限速酶 P450_{scc} 的表达量和活性变化。寻求有效措施防止运动员在长期大负荷训练中出现运动性低血睾酮是运动医学界研究的热点问题。除了调整训练方法外, 寻找和研制高效、安全的强力营养物质是国内外一直致力于研究的领域。已有研究发现, 补充大豆多

肽^[2-3]、鹿角多肽^[4]等能有效提高血清睾酮水平, 改善运动性低血睾酮状况, 多肽具有调节机体生理功能和为机体提高营养的双重功能。Geir Vegge 等^[5]在自行车运动员训练测试中注意到补充水解的海鲜蛋白可以起到增强机能的作用。有“海中牛奶”之称的牡蛎营养丰富, 是我国首批列为药食同源的保健疗效食品之一^[6]。本文实验利用蛋白酶对牡蛎蛋白进行水解为相对分子质量较小的、更易被吸收的短肽, 探讨补充牡蛎多肽对长期大负荷运动训练大鼠血睾酮影响及其作用机制。

1 材料和方法

1.1 实验材料

1.1.1 实验动物分组 雄性 SD 大鼠 32 只(广东医学院实验动物中心), 9 周龄, 质量(276.08 ±

收稿日期: 2013-07-08

基金项目: 国家自然科学基金(31360136), 广东省自然科学基金(31938, J0152404801000008)和江西省亚热带植物资源保护与利用重点实验室开放基金资助项目。

通信作者: 张艳杰(1978-), 女, 内蒙古赤峰人, 副教授, 博士, 主要从事生物化学方面的研究。

14.67) g. 将大鼠随机分成 4 组: 对照组(QC)、单纯运动组(SE)、运动+低剂量牡蛎多肽组(E+LOP)和运动+高剂量牡蛎多肽组(E+HOP), 每组 8 只.

1.1.2 主要仪器与试剂 主要仪器: r-911 全自动放免计数仪(合肥市中国科技大学实业总公司); 超速冷冻离心机(德国, sigma 公司); 水平电泳仪(北京六一仪器厂); GDS-8000PC 凝胶成像系统(美国, BIO-RAD 公司); T-personal PCR 仪(德国, biometra 公司); MB-II 型小动物跑台(天津体育大学运动医学研究所). 主要试剂: T(HY-030) RIA kit、CorT(HY-114) RIA kit 和 LH(HY-028) RIA kit(北京华英生物所); RT-PCR kit(宝生物工程有限公司).

牡蛎多肽: 市售新鲜牡蛎洗净 500 g, 用组织捣碎机匀浆, 经复合酶水解后, 分离纯化得到相对分子质量范围为 300~3 500 的牡蛎低聚肽, 分离纯化方法参考文献[6-7]改进的方法进行.

1.2 实验方法

1.2.1 训练方案及牡蛎多肽补充 4 组大鼠除 QC 组外各组每周按照改进的 Bedford 跑台训练方法^[8](见表 1) 进行训练, 训练 5 周, 每周 6 d, 周日休息. 每次运动结束 2 h 后进行灌胃, E+LOP 组按 0.3 g/(kg·BW) 的剂量补充牡蛎多肽, E+HOP 组按 0.6 g/(kg·BW) 的剂量补充牡蛎多肽, QC 组和 SE 组补充等体积的蒸馏水, 且每周末记录各组大鼠质量. 5 周试验后禁食 12 h, 将大鼠麻醉后进行组织取材.

表 1 大鼠运动训练方案

周次/周	速度/(m·min ⁻¹)	坡度/%	运动时间/(min·d ⁻¹)
1	15	0	15
2	20	-5	30
3	20	-10	45
4	25	-15	45
5	25	-15	60

1.2.2 血红蛋白含量、血清 T 和 LH 测定 将各组大鼠麻醉后采取腹主动脉取血, 取少量的血液测定血红蛋白含量, 其余血样经 2 000 rpm 离心 15 min, 吸取上清液, 置于 -20℃ 冰箱保存, 用放射免疫法^[9]测定各组大鼠血睾酮和黄体生成素.

1.2.3 RT-PCR 检测 取睾丸新鲜组织 150 mg 加入液氮充分研磨, 加 1.5 mL Trizol, 提取各组大鼠睾丸组织总 RNA, 提取后检测其含量. 提取方法和 RT-PCR 参照文献^[10-11]和 kit 说明书进行. 取 1 μg 总 RNA, 用 M-MLV 逆转录酶合成 cDNA, 取 1 μL cDNA 为模板, 在 Taq DNA 聚合酶催化下利用特异性引物进行 PCR 扩增. StAR mRNA 引物由上海生工合成,

引物序列见表 2, StAR mRNA PCR 扩增参数为: 94℃ 3 min; 94℃ 30 s, 60℃ 30 s, 72℃ 1 min, 29 个循环; 72℃ 5 min. 以 β -actin 基因的 RT-PCR 为内参, 扩增参数: 94℃ 预变性 3 min; 94℃ 30 s, 58℃ 30 s, 72℃ 1 min, 29 个循环; 72℃ 5 min. PCR 产物经 1.5% 琼脂糖凝胶电泳, 凝胶成像系统拍照, 采用 IMAGEJ 图像处理软件分析电泳图, 以获得的目的基因和内参照基因的曲线积分面积的比值来表示相对含量.

表 2 引物序列

Genes	Primer sequences	Products/bp
StAR	FP: 5'-ATCCAGCAAGGAGAGGAAG 3' RP: 5'-GTGAGTTTGGTCTTTGAGG3'	494
β -actin	FP: 5'-TAAAGACCTCTATGCCAACA-CAGT3' RP: 5'-CACGGATGGAGGGGCCGACT-CATC3'	241

1.3 数据分析

用 SPSS13.0 软件进行统计分析, 实验数据用均值 \pm 标准差(即 $\bar{x} \pm s$) 表示, 多组之间的比较采用单因素方差分析, 统计学意义上显著性水平为 $P < 0.05$, 极显著性水平为 $P < 0.01$.

2 结果与分析

2.1 各组大鼠质量变化比较

各组大鼠平均质量变化如图 1 所示, 各组大鼠随着周次增加平均质量都持续增加, 在第 1 周各组平均质量无明显差异, 第 2 周后 QC 组与其他运动组比较质量增加在统计学意义上的显著 ($P < 0.01$), 3 组运动组均因大负荷训练质量增加明显下滑, 且在第 2 至 3 周均无统计学意义上显著性差异.

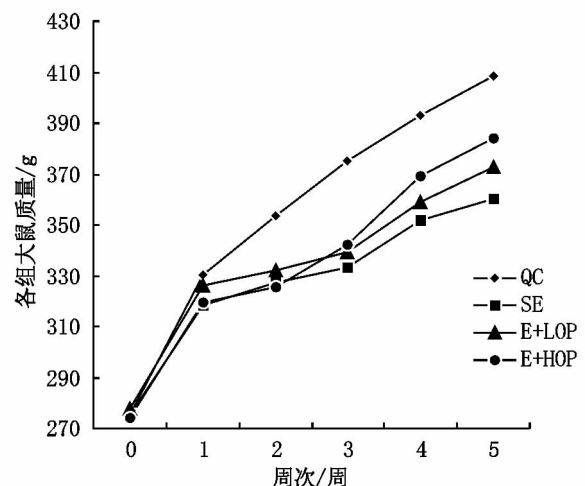


图 1 各组大鼠质量变化

($P>0.05$)。在第 4 周和第 5 周,训练组 3 个组平均质量有所上升,说明经过几周运动训练身体机能得到适应。与 SE 组比较,E + HOP 组质量有统计学意义上显著性差异($P<0.05$)。第 3 周后 E + HOP 组质量增加明显快于 SE 组和 E + LOP 组,E + LOP 组在第 5 周质量比 SE 组高($P<0.05$)。这表明补充牡蛎多肽可以有效防止长期大负荷运动训练大鼠质量增长下滑,且高剂量对增加质量更有利。

2.2 各组大鼠 HGB、血清 LH 和 T 的检测结果

训练 5 周后,检测各组大鼠 HGB、血清 LH 和 T 的含量(见表 3),与 QC 组比较,SE 组 HGB、血清 T 水平在统计学意义上显著降低($P<0.05$);与 SE 组比较,E + LOP 和 E + HOP 组 HGB、血清 T 水平在统计学意义上显著升高($P<0.05$);各组大鼠 LH 水平无统计学意义上显著性差异($P>0.05$)。说明长期大负荷训练会导致 HGB、血清 T 水平降低,补充牡蛎多肽可以提高长期大负荷训练大鼠 HGB 和血睾酮水平。E + LOP 和 E + HOP 组之间无统计学意义上显著性差异($P>0.05$)。2 组不同剂量对上述指标没有影响。

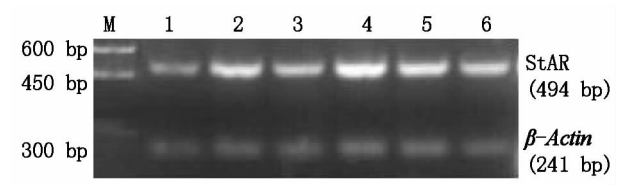
表 3 各组大鼠 HGB、血清 LH 和 T 指标比较($\bar{x}\pm s$, $n=8$)

Group	HGB/($g\cdot L^{-1}$)	LH/($mIU\cdot mL^{-1}$)	T/($ng\cdot mL^{-1}$)
QC	$149.14\pm5.73^*$	39.12 ± 4.01	$0.67\pm0.17^*$
SE	137.86 ± 3.63	38.89 ± 1.81	0.48 ± 0.12
E + LOP	$151.00\pm2.45^*$	37.90 ± 1.13	$0.62\pm0.07^*$
E + HOP	$148.67\pm6.12^*$	37.95 ± 1.18	$0.72\pm0.14^*$

* $P<0.05$: 与 SE 组比较。

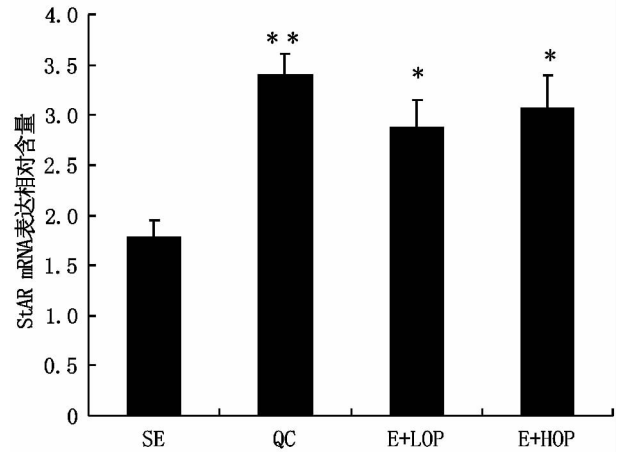
2.3 各组大鼠睾丸组织 StAR mRNA 表达水平

各组大鼠睾丸组织 StAR mRNA 部分 RT-PCR 产物凝胶电泳如图 2 所示,通过 IMAGEJ 图像处理软件分析,以 StAR mRNA 和内参照 β -Actin 的 RT-PCR 产物的比值来表示 StAR mRNA 表达的相对含量。结果如图 3 所示。实验表明,QC 组的 StAR mRNA 表达的相对含量与 SE 组比较达到统计学意义上极显著差异($P<0.01$)。这说明长期大负荷训练会抑制 StAR mRNA 表达,而 E + LOP 组和 E + HOP 组显著高于 SE 组($P<0.05$)。与 QC 组无统计学意义上显著差异($P>0.05$)。提示补充牡蛎多肽可以缓解长期大负荷训练对 StAR mRNA 表达抑制,有促进睾酮生成的作用,而 E + LOP 组和 E + HOP 组之间无统计学意义上显著性差异($P>0.05$)。



Lane M: DNA ladder marker; lane 1: SE group; lane 2: QC group; lane 3~4: E + HOP group; lane 5~6: E + LOP group.

图 2 各组大鼠 StAR mRNA 表达的部分 RT-PCR 产物



* $P<0.05$, ** $P<0.01$: 与 SE 组比较。

图 3 各组大鼠睾丸组织 StAR mRNA 表达相对含量

3 讨论

早期的动物实验研究表明补充以二肽和三肽为主的蛋白质水解物可促进骨骼肌蛋白合成代谢,其作用要优于未降解的蛋白质和游离氨基酸^[12-43]。后来的研究也认为补充蛋白质水解物更有利于运动后恢复^[14]。在吸收和利用效率方面,与蛋白质比较,多肽有良好的理化性质和水合性质、更易被吸收、利用度高。实验表明,蛋白质水解物,尤其二肽、三肽比未被降解的蛋白或大相对分子质量的多肽吸收要快得多^[15-46]。R. Koopman 等^[17]实验证明,与补充等量的酪蛋白比较,酪蛋白水解物可有效提高血清氨基酸 25%~50%。多肽具有调节人体生理功能的作用^[18]。这是原蛋白和相同组成的氨基酸所不具备的。在运动营养中补充多肽能够发挥其调节人体生理功能的作用,有利于运动员提高运动能力、促进恢复和延迟运动性疲劳的发生。目前研究表明,在训练中补充多肽有以下几方面的功能:(i) 补充多肽可促进肌肉蛋白质合成和提高肌肉工作能力。P. J. Gribb 等^[19]证实补充乳清蛋白水解物可以增加体重和肌肉力量。J. D. Buckley 等^[20]在受试者做膝伸肌

离心运动实验表明,补充乳清蛋白水解物比乳清蛋白可以使机能得到更有效地恢复. A. Kazuhiro 等^[21]研究表明在足球运动训练后补充小麦麸质水解物能有效缓解延迟性肌肉损伤. (ii) 补充多肽能在运动中促进糖和脂肪的分解代谢,提供所需能量. 在运动中氨基酸分解代谢能提供柠檬酸循环中间产物,支持糖和脂肪的分解代谢,满足持续运动所需能量. M. J. Saunders 等^[22]在男性自行车 60 km 训练中发现补充蛋白水解物和糖混合成分能显著提高运动员运动能力. (iii) 补充多肽可以促进肌糖原再合成. M. Morifuji 等^[23-24]实验表明补充乳清蛋白多肽可刺激肌肉对葡萄糖的摄取,比其他蛋白或支链氨基酸更优越. 多肽来源于蛋白质,不仅来源丰富而且不受国际违禁物品限制具有安全可靠的特点,在运动营养中的作用非常值得研究. 牡蛎蛋白质中氨基酸组成包含 20 种氨基酸,其中 8 种必须氨基酸的含量高达总量的 40%,是一种优质蛋白质. 将牡蛎蛋白降解成小分子多肽,观察补充多肽对长期大负荷训练大鼠血睾酮的影响值得进行探讨.

运动能引起持续血睾酮低下进而影响体能,出现体能下降或产生疲劳. 本实验发现补充牡蛎多肽有利于维持长期大负荷运动大鼠血清 T 水平,从而促进蛋白的合成代谢,改善“负氮平衡”^[25],因此补充牡蛎多肽组比 SE 组显著增加了体重和 HGB 含量. 王启荣等实验证明大豆多肽可以提高中长跑运动员血清 T 水平; 律海涛等研究也发现大豆多肽能够明显改善过度训练大鼠血清 T,防止长期过度训练造成大鼠血清 T 水平明显下降; 何刚等发现鹿角多肽能显著地增加雄鼠血浆和腺垂体细胞培养液中 LH 的含量,还能显著地增加雄鼠血浆中 T 的含量; 赵广才等^[25]也发现补充强化多肽片能延长大鼠力竭游泳时间,增加骨骼肌糖原含量,可以维持 T 的正常水平,防止血清 T 降低. 至于补充多肽对改善运动性低血清 T 的作用机制,一些学者认为补充多肽可缓解或抑制因运动导致的机体“负氮平衡”的副作用,减轻体内过度的分解代谢对机体的危害,维持或促进机体蛋白质的合成代谢,缓解由运动引起的不利的生理变化,从而达到促进机体机能恢复和提高运动能力的作用. 改善“负氮平衡”,促进蛋白的合成代谢的作用可能是激素睾酮调节的结果,补充多肽有利于防止运动性低血睾酮,提高血睾酮水平能促进合成代谢.

本文实验表明,补充牡蛎多肽组的大鼠睾丸间

质细胞 StAR mRNA 的表达得到显著增强,这说明补充牡蛎多肽可以促进 StAR 的表达,数量多的 StAR 有助于介导胆固醇从线粒体膜外转移至膜内,成为合成 T 的底物,有利于 T 的生产. 高 LH 水平可以促进 T 的产生, LH 刺激 StAR 的表达,但是实验各组大鼠 LH 水平无统计学意义上显著性差异,刺激 StAR 的表达可能是其它途径或者其它因素. 律海涛等实验认为服用大豆多肽可以降低血清皮质酮水平,减少皮质酮对 GnRH 释放的抑制,有利于增强机体对运动应激的适应; 何刚等认为鹿角多肽可能是直接作用于腺垂体细胞促进 LH 的释放, LH 促进 T 的产生. 除了下丘脑-垂体-性腺轴环节外,睾丸组织内睾酮合成时反应底物的转运和酶促反应等环节也是酮合成的关键步骤,介导睾酮合成相关的底物转运蛋白 StAR 和睾酮合成代谢途径的限速酶 P450_{scc} 分别在胆固醇转移和睾酮合成中起限速作用. 王启荣等^[27]研究证明长期大负荷训练后大鼠睾丸间质细胞 StAR mRNA 和 P450_{scc} mRNA 表达降低,而补充益气补肾中药可以增强 StAR mRNA 表达,可维持血清 T 水平,但对 P450_{scc} mRNA 表达无明显效应; 吕自兰等^[28]等认为人参皂甙 Rb1 可以上调老年大鼠间质细胞 StAR 基因和蛋白质表达水平,增强 T 合成,而对 P450_{scc} 基因表达水平基本没有影响. 本文实验未检测 P450_{scc} 基因表达水平.

另外,笔者认为牡蛎多肽抗氧化功能可能也是其作用机制之一. 运动训练引起睾丸的超微结构发生改变,而导致合成 T 能力下降. 体内 T 主要是睾丸 Leydig 细胞合成, Leydig 细胞的形态结构变化也是影响血清 T 水平重要的因素. 研究发现,代谢异常、高血糖所引起的氧化应激会导致睾丸损伤^[29-30], 王文艳等研究观察到超微结构显示糖尿病大鼠睾丸 Leydig 细胞内线粒体及滑面内质网出现空泡化、扩张、减少等退行性改变,与正常组相比 T 水平显著降低. 经 EGB 治疗糖尿病大鼠后,睾丸组织形态损伤明显好转,相应 T 水平也升高,认为与 EGB 抗氧化作用能防止 Leydig 细胞组织形态损伤. 汪秋宽等从牡蛎蛋白的酶解提取方法获得的多肽,经体外实验证明有很好的自由羟基清除活性. 因此认为具有很好抗氧化功能的牡蛎多肽可以有效清除运动尤其是大负荷运动造成机体过度积累的自由基,减轻或缓解自由基对睾丸组织的氧化损伤,使睾丸组织的超微结构得到很好的保护,有利于 T 合成和维持血清 T 水平. 但这只是推断,有待进一步实

验证实。

4 结论

(i) 长期大负荷训练大鼠,血清T水平明显下降,大鼠质量随着周次增长变小,HGB含量也显著降低,而补充牡蛎多肽可以改善长期大负荷训练导致的低血清T,对大鼠质量、HGB也有显著改善作用,而对LH水平无显著影响。

(ii) 长期大负荷训练大鼠睾丸组织StAR mRNA表达降低,而补充牡蛎多肽可以促进睾丸组织StAR mRNA表达,StAR mRNA表达增加有利于睾丸间质细胞的睾酮合成,改善长期大负荷训练导致的低血清T。

5 参考文献

- [1] 冯伟权,谢敏豪,王香生,等.运动生物化学研究进展[M].北京:北京体育大学出版社,2006:294-299.
- [2] 王启荣,李肃反,杨则宜,等.补充大豆多肽对中长跑运动员训练期生化指标的影响[J].中国运动医学杂志,2004,23(1):33-37.
- [3] 津海涛,何叙.补充谷氨酰胺和大豆多肽对过度训练大鼠血清睾酮和皮质酮影响的研究[J].中国体育科技,2008,44(5):126-129.
- [4] 何刚,何玲利,葛德培.鹿角多肽对雄鼠黄体生成素、睾酮及雌鼠催乳素分泌的影响[J].中成药,2005,27(6):5-6.
- [5] Geir Vegge, Bent R Rønnestad, Stian Ellefsen. Improved cycling performance with ingestion of hydrolyzed marine protein depends on performance level[J]. Journal of the International Society of Sports Nutrition, 2012, 9: 14.
- [6] 汪何雅,杨瑞金,王璋.牡蛎的营养成分及蛋白质的酶法水解[J].水产学报,2003,27(2):163-168.
- [7] 汪秋宽,宋琳琳,徐玲,等.牡蛎抗氧化活性肽的酶解工艺研究[J].大连水产学院学报,2009,24(2):95-99.
- [8] Bedford T G, Tipton C M, Wilson N C, et al. Maximum oxygen consumption of rats and its changes with various experimental procedures[J]. J Appl Physiol, 1979, 47(6): 1278-83.
- [9] 黄海,雷志平,王琨,等.运动人体机能实验学[M].北京:人民体育出版社,2006:132-135.
- [10] 王文艳,吴亮,牛三强,等.银杏叶提取物对2型糖尿病大鼠睾酮水平、LHR和StAR mRNA表达的影响[J].中国病理生理杂志,2008,24(5):867-872.
- [11] 闫浩,鄢玉兰,夏立新,等.牛乳主要过敏原 α -乳白蛋白基因的克隆及其原核表达载体的构建[J].江西师范大学学报:自然科学版,2010,34(3):244-248.
- [12] Poullain M G, Cezard J P, Roger L, et al. Effect of whey proteins, their oligopeptide hydrolysates and free amino acid mixtures on growth and nitrogen retention in fed and starved rats[J]. Jpn J Parenter Enteral Nutr, 1989, 13: 382-386.
- [13] Monchi M, R  rat A A. Comparison of net protein utilization of milk protein mild enzymatic hydrolysates and free amino acid mixtures with a close pattern in the rat[J]. J Parenter Enteral Nutr, 1993, 17(4): 355-363.
- [14] Manninen A H. Hyperinsulinaemia, hyperaminoacidaemia and post-exercise muscle anabolism: the search for the optimal recovery drink[J]. Br J Sports Med, 2006, 40(11): 900-905.
- [15] Grimble G K. The significance of peptides in clinical nutrition[J]. Annu Nutr, 1994, 14: 419-447.
- [16] Grimble G K, Guiler Sarda M, Sesay H F. The influence of whey hydrolysate peptide chain length on nitrogen and carbohydrate absorption in the perfused human jejunum[J]. Clin Nutr, 1994, 13: 46.
- [17] Koopman R, Crombach N, Gijzen A P, et al. Ingestion of a protein hydrolysate is accompanied by an accelerated in vivo digestion and absorption rate when compared with its intact protein[J]. Am J Clin Nutr, 2009, 90(1): 106-115.
- [18] Richard B Kreider, Mike Losia, Matt Cooke, et al. Bioactive properties and clinical safety of a novel milk protein peptide[J]. Nutrition Journal, 2011, 10: 99.
- [19] Cribb P J, Williams A D, Carey M F, et al. The effect of whey isolate and resistance training on strength, body composition and plasma glutamine[J]. Int J Sport Nutr Exerc Metab, 2006, 16(5): 494-509.
- [20] Buckley J D, Thomson R L, Coates A M, et al. Supplementation with a whey protein hydrolysate enhances recovery of muscle fore-generating capacity following eccentric exercise[J]. J Sci Med Sport, 2010, 13(1): 178-181.
- [21] Kazuhiro Aoki, Yoshimitsu Kohmura, Yoshio Suzuki, et al. Post-training consumption of wheat gluten hydrolysate suppresses the delayed onset of muscle injury in soccer players[J]. Experimental and Therapeutic Medicine, 2012, 3(6): 969-972.
- [22] Saunders M J, Moore R W, Kies A K, et al. Carbohydrate and protein hydrolysate coingestions improvement of late-exercise time-trial performance[J]. Int J Sport Nutr Exerc Metab, 2009, 19(2): 136-149.
- [23] Morifuji M, Koga J, Kawanaka K, et al. Branched-chain amino acid-containing dipeptide from whey protein hydro-

- ysates stimulate glucose uptake rate in L6 myotubes and isolated skeletal muscles [J]. *J Nutr Sci Vitaminal* 2009, 55(1): 81-86.
- [24] Morifuji M, Kanda A, Kawanaka K, et al. Post-exercise carbohydrate plus whey protein hydrolysates supplementation increase skeletal muscle glycogen level in rats [J]. *Amio Acids* 2010, 38(4): 1109-1115.
- [25] Moriarty K J, Hegarty J E, Fairclough P D, et al. Relative nutritional value of whole protein, hydrolysed protein and free amino acids in man [J]. *Gut* 1985, 26(7): 694-699.
- [26] 赵广才, 刘慧燕, 徐朝阳, 等. 补充强化多肽片对耐力训练大鼠游泳力竭时间、肌糖原及血清 T、BU、CK 的影响 [J]. *中国运动医学杂志* 2009, 28(1): 48-50.
- [27] 王启荣, 周丽丽, 李世成, 等. 耐力训练和益气补肾中药对睾酮合成的调节因素-StAR 蛋白和 P450_{scc} 酶 mRNA 表达的影响 [J]. *中国运动医学杂志* 2005, 24(2): 137-141.
- [28] 吕自兰, 郝杰, 赵丽娜, 等. 人参皂甙 Rb1 可促进老年大鼠间质细胞睾酮产生和 StAR 蛋白质表达 [J]. *激光杂志* 2011, 32(3): 79-81.
- [29] Maritim A C, Sanders R A, Watkins J B. 3rd Diabetes, oxidative stress, and antioxidants: a review [J]. *J Biochem Mol Toxicol* 2003, 17(1): 24-38.
- [30] Kayali R, Telci A, Ackatay U, et al. Oxidative protein damage parameters in plasma in chronic experimental diabetes in rats [J]. *Eur J Med Res* 2003, 8(7): 307-312.

The Effect of Oyster Peptides Supplementation on Serum Testosterone , LH Content and StAR mRNA Expression in Rats During the Long-Term and High Loading Training

LUO Qi-jun¹, LU Shun-bao², LI Hong¹, JING Zhou³, XIONG Jing-yu¹, ZHANG Yan-jie^{2*}

(1. School of Sport Science Zhanjiang Normal University Zhanjiang Guangdong 524048, China; 2. College of Life Sciences ,

Key Lab of Protection and Utilization of Subtropic Plant Resources Jiangxi Normal University Nanchang Jiangxi 330022, China;

3. Division II of Examination on Item Development Health Human Resources Development Center Ministry of Health Beijing 100097, China)

Abstract: To investigate the effect of oyster peptides supplementation on serum testosterone, LH content and StAR mRNA expression in rats during the long-term and high loading training. Thirty two male rats were randomly divided into four groups: QC, SE, E + LOP and E + HOP. All the groups except QC group followed a protocol of treadmill training. E + LOP and E + HOP groups ingested oyster peptides with the corresponding content after two hours, at the same time QC and SE consumed physiological saline with the same volume. Weight of rats were recorded on the weekend during the training. After 5-week training, all the rats were taken anesthesia for tissue sampling. Contents of HGB, T and LH were determined. StAR mRNA expressions of the rats' testicular tissue were detected by PT-PCR. Compared with the QC group, After five weeks, HGB and serum T Contents of SE group significantly decreased ($P < 0.05$), and StAR mRNA expressions of the rats' testicular tissue significantly decreased, change of the mean body weights became less with the week number increasing ($P < 0.05$); Compared with the SE group, HGB and serum T Contents of E + LOP group and E + HOP group significantly increased ($P < 0.05$), StAR mRNA expressions significantly increased ($P < 0.05$), change of the mean body weights obviously became greater with the week number increasing ($P < 0.05$), but there was no difference in contents of LH among four groups ($P > 0.05$), and there was no difference in the above indicators between E + LOP group and E + HOP group ($P > 0.05$). Oyster peptides supplementation can elevate StAR mRNA expressions of the rats' testicular tissue and prompt the synthesis of testosterone, which improves symptoms of the low serum testosterone.

Key words: oyster peptides; training; serum testosterone; StAR mRNA expression

(责任编辑: 刘显亮)